

**POST PROCESADOR PARA EL DISEÑO DE MUROS EN MAMPOSTERÍA
ESTRUCTURAL DE PERFORACION VERTICAL UTILIZANDO LA
METODOLOGIA LRFD DE LA NSR-10**

CARLOS HERNÁN OTERO COLLAZOS

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI**

2016

**POST PROCESADOR PARA EL DISEÑO DE MUROS EN MAMPOSTERÍA
ESTRUCTURAL DE PERFORACION VERTICAL UTILIZANDO LA
METODOLOGIA LRFD DE LA NSR-10**

CARLOS HERNÁN OTERO COLLAZOS

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en
Ingeniería con énfasis en Ingeniería Civil

Director:

Germán Andrés Posso Ospina, M.I.C.

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
SANTIAGO DE CALI**

2016

Nota de Aceptación:

Jurado

Jurado

Ciudad y Fecha

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos:

A Dios por guiarme, protegerme y darme fuerzas para seguir adelante y así poder completar esta etapa de mi vida.

A mis padres y familiares por toda la paciencia y el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo de grado.

Al ingeniero German Andrés Posso por su orientación, acompañamiento, consejos y apoyo durante el desarrollo de este proyecto.

Al ingeniero Héctor Fabio Posso y demás miembros de Posso Asociados Ltda. por su compañía, consejos y opiniones que ayudaron al desarrollo de este trabajo de grado.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	3
2. ANTECEDENTES	4
3. MARCO TEORICO	6
3.1. LA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO	6
3.2. NORMATIVIDAD	6
3.3. CLASIFICACIÓN DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	7
3.3.1. Muros de mampostería reforzada	7
3.3.2. Muros de mampostería parcialmente reforzada	8
3.4. CALIDAD DE LOS MATERIALES EN LA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	8
3.4.1. Acero de refuerzo	8
3.4.2. Mortero de pega	8
3.4.3. Mortero de relleno	9
3.4.4. Unidades de mampostería	9
3.4.5. Resistencia de la mampostería a la compresión (f'_m)	11
3.5. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DEL REFUERZO PARA MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL	11
3.5.1. Diámetros máximos y mínimos permitidos	12
3.5.2. Longitud de desarrollo y traslapo	12

3.5.3.	Gancho estándar	13
3.6.	REQUISITOS GENERALES DE ANALISIS Y DISEÑO	13
3.6.1.	Combinaciones de carga mayoradas usando el método de resistencia	13
3.6.2.	Resistencia requerida y de diseño de los muros de mampostería	14
3.6.3.	Coeficientes de reducción de resistencia ϕ	14
3.6.4.	Suposiciones de diseño	15
3.6.5.	Módulos de elasticidad	16
3.6.6.	Características dimensionales efectivas	16
3.6.6.1.	Área efectiva (A_e)	16
3.6.6.2.	Espesor efectivo para evaluar pandeo	16
3.6.6.3.	Altura efectiva para evaluar pandeo (h')	17
3.6.6.4.	Área efectiva para evaluar cortante (A_{mv})	17
3.6.7.	Resistencia para carga axial de compresión	18
3.6.8.	Resistencia a la flexo-compresión	18
3.6.9.	Resistencia al cortante en la dirección paralela al muro	19
3.6.9.1.	Articulación plástica	19
3.6.9.2.	Cortante nominal resistido por mampostería	20
3.6.9.3.	Cortante nominal resistido por refuerzo	20
3.6.9.4.	Valores máximos para el cortante nominal	21
3.6.9.	Elemento de borde	21
3.7.	REQUISITOS DE CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO PARA MUROS DE MAMPOSTERÍA REFORZADA Y PARCIALMENTE REFOR	21
3.8.	COMPARATIVO DE NORMATIVIDAD DE DISEÑO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE PERFORACIÓN VERTICAL DEL TITULO D (NSR-10) Y EL ACI 530-11	23
4.	FASES DEL DESARROLLO	29
4.1.	FASE 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	29

4.2.	FASE 2. LECTURA DE DATOS	29
4.3.	FASE 3. PROCESAMIENTO DE DATOS	29
4.4.	FASE 4. ANALISIS DE RESULTADOS	30
4.5.	FASE 5. ENTREGA DE RESULTADOS	30
5.	DIMEST	31
5.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	31
5.2.	VENTANA DE INICIO (ARRANQUE)	32
5.2.1.	Nuevo proyecto...	33
5.2.2.	Abrir proyecto existente...	37
5.3.	VENTANA DE INICIO (PROYECTO)	37
5.3.1.	Ventana de visualización del proyecto en planta	39
5.3.2.	Propiedades del muro	40
5.3.3.	Altura de vigas de entrepiso	41
5.4.	MENÚ DE DEFINICIONES	41
5.4.1.	Variables de diseño	41
5.4.1.1.	Combinatorias de diseño	43
5.4.1.2.	Disipación de energía	43
5.4.1.3.	Sistema estructural	44
5.4.1.4.	Diseño a flexión	44
5.4.1.5.	Diseño a corte	44
5.4.1.6.	Elemento de borde	45
5.4.1.7.	Preferencias de diseño	45
5.4.2.	Bloque estructural	46
5.4.3.	Cantidad de celdas por muro	49
5.5.	MENÚ DE ARCHIVO EN PROYECTO	50
5.5.1.	Guardar proyecto como... / Guardar proyecto	51
5.5.2.	Información del proyecto...	52
5.5.3.	Cerrar proyecto	53
5.6.	VENTANA DE INFORMACIÓN DETALLADA DEL MURO	53

5.6.1.	Vista en planta del muro	56
5.6.2.	Propiedades del muro	58
5.6.3.	Diagrama de interacción	60
5.6.4.	Solicitaciones y diseño	64
5.6.4.1.	Cálculo del momento nominal resistente (M_n)	65
5.6.4.2.	Cálculo del cortante nominal resistente (V_n)	66
5.6.4.3.	Esfuerzo a la compresión (σ_c)	69
5.6.5.	Chequeos	69
5.6.6.	Elemento de borde	70
5.6.6.1.	Tipo de elemento de borde	72
5.6.6.2.	Requerimientos elemento de borde	74
5.6.6.3.	Longitud y refuerzo del elemento de borde	74
5.6.6.4.	Calculo del momento nominal resistente (M_n)	75
5.6.7.	Alzada del muro	77
5.6.8.	Diseño a flexo-compresión y corte	80
5.6.8.1.	Diseño a flexo-compresión	80
5.6.8.2.	Diseño a corte	84
5.7.	MENÚ DE DISEÑO	85
5.7.1.	Diseño de muros	86
5.7.2.	Tabla de resultados	89
5.7.2.1.	Modificar columnas	93
5.7.3.	Memorias de cálculo	93
5.7.3.1.	Resumen de diseños	94
5.7.3.2.	Reporte detallado de diseños	96
5.7.4.	Cantidades de obra	97
5.7.5.	Generar DXF	99
5.7.6.	Importar refuerzo	103
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
6.1.	CONCLUSIONES	104

6.2. RECOMENDACIONES	104
7. BIBLIOGRAFIA	106
ANEXO A. DIAGRAMAS DE FLUJO	108
ANEXO B. MANUAL DE USUARIO	115
ANEXO C. PRUEBA DE ESCRITORIO	172
ANEXO D. MEMORIAS DE CÁLCULO Y CANTIDADES DE OBRA (DIMEST)	184

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los morteros de pega por propiedades o por proporción.	9
Tabla 2. Espesores mínimos de paredes en unidades (bloques) de mampostería de perforación vertical (mm)	10
Tabla 3. Valor del cortante nominal resistido por la mampostería (V_m)	20
Tabla 4. Valores máximos para el cortante nominal (V_n)	21
Tabla 5. Tabla comparativa de requisitos constructivos y de diseño para muros de mampostería reforzada y parcialmente reforzada.	22
Tabla 6. Refuerzo mínimo de muros de mampostería según sistema estructural y nivel de disipación de energía.	81

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Variación del cortante resistido por la mampostería (V_m) de acuerdo con la NSR-10 y el ACI 530	26
Figura 2. Ventana de inicio (Arranque)	32
Figura 3. Menú de Archivo en arranque	33
Figura 4. Lectura archivo de información del modelo estructural (*.Set)	36
Figura 5. Lectura archivo de solicitaciones (*.csv)	36
Figura 6. Lectura archivo de guardado de proyecto DIMEST (*.dms)	37
Figura 7. Vista 3D modelo estructural en ETABS 2015	38
Figura 8. Vista en planta. Piso tipo modelo estructural en ETABS 2015	38
Figura 9. Ventana de inicio (Proyecto)	39
Figura 10. Menú de definiciones	41
Figura 11. Ventana de Variables de Diseño	42
Figura 12. Mensaje de incompatibilidad en las selecciones de las variables de diseño	43
Figura 13. Ventana de definición del Bloque Estructural	46
Figura 14. Dimensiones del Bloque Estructural	47
Figura 15. Ejemplo de error en definición del Bloque Estructural	48
Figura 16. Ventana de Cantidad de Celdas por Muro	50
Figura 17. Menú de Archivo en proyecto	51
Figura 18. Generar archivo de guardado de proyecto DIMEST (*.dms)	52
Figura 19. Ventana de Información del Proyecto	53
Figura 20. Ventana de información detallada del muro	55
Figura 21. Ejemplo de vista en planta del muro	56
Figura 22. Barras de refuerzo vertical	56
Figura 23. Selección del refuerzo horizontal	57
Figura 24. Propiedades del muro	60

Figura 25.	Diagrama de interacción	61
Figura 26.	Diagrama de esfuerzos en el acero y la mampostería	62
Figura 27.	Cuadro de Solicitaciones y Diseño	65
Figura 28.	Cuadro de chequeos	70
Figura 29.	Cuadro de Elementos de Borde	71
Figura 30.	Configuración de columnas de mampostería estructural como elemento de borde	72
Figura 31.	Elementos de borde en concreto reforzado para muros de mampostería estructural	73
Figura 32.	Sección transformada de muros en mampostería estructural con elemento de borde en concreto reforzado	76
Figura 33.	Ventana de alzada del muro	78
Figura 34.	Ventana de alzada del muro para elemento de borde de sección variable	79
Figura 35.	Ejemplo de listado de refuerzos	80
Figura 36.	Menú de diseño	86
Figura 37.	Ventana de Diseño de Muros	87
Figura 38.	Advertencia de modificación de datos antes de iniciar con el diseño de muros	88
Figura 39.	Reporte de diseños	88
Figura 40.	Ventana de Observaciones	89
Figura 41.	Tabla de Resultados	90
Figura 42.	Filtro de Grupos de Datos	92
Figura 43.	Ventana Modificar Columnas	93
Figura 44.	Ventana de Memorias de Cálculo	94
Figura 45.	Ventana de Cantidades de Obra	97
Figura 46.	Ventana Generar DXF	100
Figura 47.	Ejemplo vista en planta muro estructural (DXF)	101
Figura 48.	Ejemplo alzada muro estructural	102

RESUMEN

La mampostería estructural al igual que la gran mayoría de los sistemas estructurales utilizados en nuestro medio ha evolucionado en sus metodologías de diseño conforme las herramientas de análisis estructural han avanzado y han permitido obtener modelaciones cada vez más precisas y completas de las estructuras diseñadas. Sin embargo, para que estas nuevas metodologías de diseño se puedan beneficiar de los avances en la modelación estructural, es necesario generar herramientas computacionales que ayuden a aplicar estas metodologías a los resultados obtenidos del análisis.

En el caso de la mampostería este desarrollo se ha visto rezagado debido a la falta de estas herramientas de aplicación de las nuevas metodologías de diseño, por esto algunos diseñadores estructurales han preferido continuar con antiguas metodologías y esquemas de diseño para poder cumplir con los tiempos que la práctica profesional les exige, ya que utilizar las nuevas metodologías implicaría diseñar los muros uno a uno, piso a piso, para poder obtener los resultados deseados.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un programa post procesador que pueda tomar los resultados obtenidos de los programas modernos de diseño estructural y que de una forma rápida y sencilla el ingeniero pueda diseñar los muros en mampostería estructural utilizando la metodología LRFD de la Norma Colombiana Sismo Resistente del 2010. De igual forma el programa debe permitir al ingeniero diseñador poder interactuar con los resultados obtenidos con el fin de poder acomodarlos a sus necesidades y a la vez obtener información complementaria como cantidades de obra, cuadros y esquemas de refuerzo.

ABSTRACT

Structural masonry as well as the vast majority of structural systems used in our field, has evolved in its design methodologies as the tools for structural analysis have advanced and have allowed to obtain more precise and complete modeling of the structures. However, for these new design methodologies to benefit from advances in structural modeling, it is necessary to generate computational tools that help to apply these methodologies to the results obtained from the analysis.

In the case of masonry this development has lagged behind due to the lack of these application tools of the new design methodologies, for this reason some structural designers have preferred to continue with old methodologies and design schemes to be able to meet the deadlines professional practice requires from them, since using the new methodologies would entail the designing of the walls one by one, floor by floor, in order to obtain the desired results.

The objective of this project is to develop a post-processing software that can take the results obtained from modern structural design software and in a quick and simple way, allow the engineer to design the walls in structural masonry using the LRFD methodology of the 2010 Colombian Seismic Code. Likewise, the software must allow the designer engineer to interact with the obtained results, in order to be able to accommodate them to what is needed and at the same time to obtain complimentary information, such as bill of quantities, tables and reinforcement schemes.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo de los últimos años la mampostería estructural se ha convertido en uno de los sistemas constructivos más utilizados debido a sus ventajas económicas y al conocimiento generalizado que de él se tiene en nuestro medio. La mampostería también ofrece grandes ventajas funcionales ya que además de conformar los espacios de la edificación también sirve como estructura de soporte y brinda un acabado agradable y estético.

Desde el punto de vista del diseño estructural de las edificaciones de mampostería en Colombia, se tiene su primera referencia en el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes de 1984 en el cual, además de aparecer las recomendaciones de análisis y diseño para estructuras de mampostería, se tiene un ejemplo de diseño utilizando el método de Esfuerzos Admisibles (ASD), una distribución de cargas verticales por área aferente y una distribución de carga sísmica por rigidez de muros en cada sentido la cual es previamente calculada utilizando el método de Fuerza Horizontal Equivalente. Esta metodología de análisis de estructuras de mampostería ha sido bastante popular hasta nuestros días debido a la facilidad de programación en una sencilla hoja de cálculo y a la rapidez de sus resultados, pero este método que puede ser bastante preciso en estructuras pequeñas, regulares y de poca complejidad se queda corta ante estructuras de mayor altura, irregulares y de complejidad mayor.

Hoy en día, los programas de análisis estructural pueden modelar de forma precisa el comportamiento de estructuras complejas, brindando al diseñador estructural la capacidad de tener en cuenta otros factores e irregularidades que antes no podía e incluso brindando la posibilidad de realizar un análisis modal de la estructura para la repartición de la fuerza sísmica piso a piso y elemento a elemento.

Aun así el diseño de los muros en mampostería en muchas ocasiones no era cubierto dentro de las metodologías de diseño de los programas de análisis, era posible obtener las solicitaciones de los muros pero para su diseño se debía recurrir a adaptaciones del diseño en muros de concreto reforzado, solo en los últimos años se comenzó a incluir la norma de diseño del ACI 530 (Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures) y aunque la metodología de diseño de la NSR-10 se basa en ella no conservan los mismos factores de reducción de carga y algunas formulaciones han cambiado para ser aplicadas en nuestro medio, es por este motivo que si se deseaba hacer un diseño de muros en mampostería estructural utilizando la metodología LRFD de la NSR-10 este debía

hacerse de forma individual, muro a muro, piso a piso, con los resultados obtenidos en el programa de análisis estructural el cual es un procedimiento que demanda mucho tiempo y dedicación y por el cual muchos diseñadores prefieren utilizar el modelo simplificado mencionado anteriormente.

La falta de herramientas eficientes para el diseño de muros en mampostería que utilicen la metodología del título D de la NSR-10 y las fuerzas aplicadas obtenidas con los programas modernos de análisis estructural han hecho que el diseño de las estructuras en mampostería no haya evolucionado de igual forma que el diseño de otro tipo de sistemas estructurales como los pórticos en concreto, los pórticos en acero o los mismos muros en concreto reforzado, los cuales se han visto beneficiados con los avances de los programas de análisis estructural. Es por eso que aún es común ver estructuras de varios pisos en mampostería estructural diseñadas utilizando la hoja de cálculo derivada de los comentarios del CCCSR-84, la cual se ha quedado rezagada respecto al desarrollo de los programas de análisis estructural y las metodologías de diseño actuales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo hacer eficiente el proceso de diseño de muros en mampostería estructural de perforación vertical utilizando la metodología LRFD de la Norma Sismo-Resistente del 2010?

1.3. OBJETIVOS

Objetivo general.

- Desarrollar una herramienta computacional que haga eficiente el proceso de diseño de muros en mampostería estructural de perforación vertical utilizando la metodología LRFD de la Norma Sismo-Resistente del 2010.

Objetivos específicos.

- Desarrollar una aplicación que reconozca las solicitudes de diseño en muros estructurales, obtenidas en un modelo de análisis estructural (ETABS).
- Desarrollar una aplicación para el diseño de muros en mampostería estructural de perforación vertical utilizando la metodología LRFD de la Norma Sismo-Resistente NSR-10.

- Desarrollar una aplicación que genere listados y esquemas de refuerzo para muros estructurales diseñados en mampostería.
- Desarrollar una aplicación que genere memorias de cálculo para muros estructurales diseñados en mampostería.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Con el fin de hacer eficiente el proceso de diseño de muros en mampostería estructural utilizando la metodología descrita en la NSR-10 se propone desarrollar una herramienta computacional que se encargue de tomar los datos obtenidos de los programas de análisis y realice el diseño de los muros de forma automática pero que aun así permita al diseñador interactuar con estos diseños para que pueda modificarlos si su criterio así lo determina. Esta sería una herramienta de gran utilidad para los diseñadores estructurales ya que podrían modelar sus estructuras utilizando programas modernos de análisis sin tener que preocuparse por largos tiempos de diseño individual de muros utilizando la metodología descrita en nuestra norma NSR-10 y no utilizando normas de otros países.

De igual forma, herramientas de ayuda para los diseñadores como lo son los despiezadores de elementos de concreto (vigas, columnas, pantallas, etc.) y los generadores de cantidades de obra no han sido muy desarrollados en el campo de la mampostería estructural debido a los problemas de diseño que se tenían, así que programas que ayuden al diseñador a generar plantas de refuerzos, despieces, alzadas de muros y sus respectivas cantidades de obra recortarían en gran parte los tiempos de diseño.

Finalmente la municipalidad y el estado en general podrían verse beneficiados por esta herramienta de diseño ya que las viviendas de interés social, una de las principales soluciones a los problemas de vivienda que actualmente afecta nuestra sociedad, son diseñadas en su gran mayoría en mampostería estructural debido a su costo y al amplio conocimiento que de este sistema se tiene en nuestro medio. El desarrollo de herramientas que faciliten el diseño de estas viviendas favorecería a la viabilidad de estos proyectos.

2. ANTECEDENTES

- **GUÍA PARA EL DISEÑO DE EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL REFORZADA: METODOLOGÍA DE DISEÑO POR ESTADOS LÍMITES DE RESISTENCIA.** ALVAREZ, Gustavo y CORENA, Julio. Trabajo de grado. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Cali. Colombia. 1999.

Guía práctica paso a paso para el uso de la recientemente introducida metodología LRFD de la Norma Sismo Resistente de 1998 (NSR-98).

- **PROGRAMA PARA EL ANÁLISIS DE EDIFICACIONES EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL Y SU DISEÑO DE ACUERDO A LAS NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-98: METODOLOGÍA DE DISEÑO POR EL ESTADO LÍMITE DE RESISTENCIA.** GONZALEZ, Juan y MADARIAGA, Gustavo. Trabajo de grado. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Cali. Colombia. 2000.

Programa desarrollado para diseñar muros en mampostería estructural utilizando la metodología LRFD de la NSR-98, manteniendo el modelo de análisis y cálculo de carga sísmica por Fuerza Horizontal Equivalente derivado del ejemplo de diseño de la CCCSR-84.

- **ETABS 2015.** CSI Computers & Structures. Software. USA. 1984-2015.

Software de análisis y diseño estructural. Entre las nuevas aplicaciones de la versión 2015 de este poderoso programa de diseño está el diseño de muros de mampostería utilizando la norma ACI 530-11.

- **Modulo M.** Fernando Medina. Software. Colombia. 2001.

Módulo de diseño de mampostería estructural utilizando la metodología ASD de la Norma NSR-98. Al presente el autor está trabajando en una actualización del programa a la norma NSR-10.

- **DC-CAD.** Diseño de Soluciones. Software. Colombia. 1998-2015.

Software post-procesador para el diseño, despiece y generación de planos estructurales de estructuras en concreto (vigas, columnas y pantallas) y acero.

- **ESTUDIO COMPARATIVO DE DISEÑO DE MUROS DE MAMPOSTERIA REFORZADA MEDIANTE LOS PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE ESFUERZOS Y CONTROL DE DESPLAZAMIENTO SEGÚN LA NSR-10 Y EL ACI 530-13.** AGREDA, Yovany. Trabajo de grado. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Cali. Colombia. 2015.

3. MARCO TEORICO

3.1. LA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL COMO SISTEMA CONSTRUCTIVO

La mampostería estructural es un sistema que consiste en el ensamblaje de elementos pétreos o mampuestos utilizando mortero (o su equivalente) para conformar elementos estructurales (muros, columnas, vigas) de tal manera que estos adquieran las características individuales de los materiales que los conforman.

Este sistema se considera de funcionamiento estructural monolítico, aunque sea la unión de varios elementos con características diferentes. Se puede decir que un muro en mampostería estructural se puede considerar como un sistema monolítico, siempre y cuando las juntas de mortero puedan transmitir, de elemento a elemento, los esfuerzos generados bajo cualquier condición de carga, y que cada elemento esté en condiciones de resistir éstos, sin fallar o deformarse considerablemente.

Además de bloques de mampostería y mortero (pega y relleno), es necesario utilizar refuerzo vertical y horizontal en los muros para que sean capaces de resistir los esfuerzos a los que se encontraran sometidos durante su vida útil. Normalmente los muros en mampostería estructural se encuentran sometidos a fuerzas de compresión, corte y flexión tanto en su plano como fuera de éste. Los esfuerzos de compresión son resistidos principalmente por el muro de mampostería, los esfuerzos de corte son resistidos por el muro de mampostería y el refuerzo horizontal (dependiendo de la normatividad) mientras que los esfuerzos de tracción generados por la flexión del muro son resistidos principalmente por el refuerzo vertical que se encuentra embebido en las celdas de los muros.

3.2. NORMATIVIDAD

En Colombia, el título D del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10) establece los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería y sus elementos. De acuerdo con ella, las estructuras diseñadas y construidas siguiendo los requisitos del título D presentaran un nivel de seguridad comparable con las estructuras de otros materiales.

Dentro del propósito del título D de la NSR-10 se encuentra lograr un comportamiento apropiado de las construcciones en mampostería estructural y su

integridad estructural bajo las condiciones de carga vertical permanente o transitoria, bajo condiciones de fuerza lateral, de viento o de sismo y bajo estados ocasionales de fuerzas anormales.

El diseño de muros en mampostería estructural debe hacerse por el método del estado límite de resistencia utilizando las combinaciones de carga, descritas en B.2.4 (NSR-10), y los requisitos del Título D que se presentan para este método. No obstante, la NSR-10 permite el diseño de estructuras de mampostería por el método de esfuerzos de trabajo admisibles y sus requisitos se encuentran descritos en el Apéndice D-1 de la norma. En el alcance de este trabajo de grado solo se cubrirá el método de estado límite de resistencia (LRFD) el cual es el método recomendado por la NSR-10.

3.3. CLASIFICACION DE LOS MUROS DE MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente establece en el numeral D.2.1. la clasificación de la mampostería estructural y divide los muros en siete categorías:

- Muros de mampostería de cavidad reforzada
- Muros de mampostería reforzada
- Muros de mampostería parcialmente reforzada
- Muros de mampostería no reforzada
- Muros de mampostería confinada
- Muros de mampostería diafragma
- Muros de mampostería reforzada externamente

En el alcance de este trabajo de grado se cubrirán los tipos de muros de mampostería con elementos de perforación vertical, los cuales corresponden a los muros de mampostería reforzada y parcialmente reforzada.

3.3.1. Muros de Mampostería Reforzada

La NSR-10 define los muros de mampostería reforzada como aquellos construidos con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos del capítulo D.7. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad especial de disipación de energía en el rango inelástico (DES) cuando todas sus celdas se inyectan con mortero de relleno o cuando se cumpla con los requisitos adicionales de refuerzos mínimos descritos en D.7.2.1.1, y como uno de los sistemas con

capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO) cuando sólo se inyectan con mortero de relleno las celdas verticales que llevan refuerzo. (NSR-10 D.2.1.2.)

3.3.2. Muros de Mampostería Parcialmente Reforzada

La NSR-10 define los muros de mampostería parcialmente reforzada como aquellos contruidos con base en piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzada internamente con barras y alambres de acero y que cumple los requisitos del capítulo D.8. Este sistema estructural se clasifica, para efectos de diseño sismo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico (DMO). (NSR-10 D.2.1.3.)

3.4. CALIDAD DE LOS MATERIALES EN LA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Los materiales utilizados en las construcciones de mampostería estructural deben cumplir los requisitos de calidad especificados en el capítulo D.3. de la NSR-10.

3.4.1. Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo que se utilizara como refuerzo vertical en muros de mampostería estructural de cavidad reforzada debe ser acero corrugado el cual, al momento de la colocación, debe estar limpio en la superficie, sin corrosión y figurado de acuerdo a los planos.

El acero de refuerzo vertical y horizontal debe cumplir con todos los requisitos del numeral C.3.5. de la NSR-10.

3.4.2. Mortero de Pega

El mortero de pega que se utilizara para unir los bloques de mampostería debe cumplir con la norma NTC 3329 (ASTM C270) y con los requisitos de la Tabla D.3.4-1 (Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción) de la NSR-10 (Ver Tabla 1)

Tabla 1. Clasificación de los morteros de pega por propiedad o por proporción

Mortero Tipo	Especificación de los morteros por propiedad			Especificación de los morteros por proporción				
	Resistencia mínima a la compresión f'_{cp} [Mpa]	Flujo [%]	Retención Mínima de Agua	Cemento Portland	Cal Hidratada	Cemento para mampostería	Arena/Cementante	
							Min.	Max.
H	22.5	115-125	75%	1	0.25	No Aplica	2.00	2.50
M	17.5	115-125	75%	1	0.25	No Aplica	2.25	3.00
				1	No Aplica	1	2.25	2.50
S	12.5	110-120	75%	1	0.25-0.50	No Aplica	2.50	3.50
				0.5	No Aplica	1	2.50	3.00
N	7.5	105-115	75%	1	0.50-1.25	No Aplica	3.00	4.50
				0	No Aplica	1	3.00	4.00

Fuente: Tabla D.3.4-1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

Los morteros de pega deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento y, además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante (NSR-10 D.3.4.1.)

3.4.3. Mortero de Relleno

Los morteros de relleno utilizados en construcciones de mampostería deben cumplir la norma NTC 4048 (ASTM C476). Deben ser de buena consistencia y con fluidez suficiente para penetrar en las celdas de inyección sin segregación.

La resistencia a la compresión del mortero de relleno (tomada a los 28 días) no debe ser mayor a 1.5 f'm ni inferior a 1.25 f'm, pero en ningún caso puede ser menor de 12.5 MPa. (NSR-10 D.3.5.3.)

3.4.4. Unidades de Mampostería

De acuerdo con la NSR-10 las unidades de mampostería que se utilicen en las construcciones de mampostería estructural pueden ser de concreto, cerámica (arcilla cocida), sílico-calcareas o de piedra. Según el tipo de mampostería estructural y según el tipo de refuerzo, las unidades pueden ser de perforación vertical, de perforación horizontal o sólidas, de acuerdo con la posición normal de la pieza en el muro. (NSR-10 D.3.6.1.)

En el alcance de este trabajo se utilizarán bloques de perforación vertical de concreto y arcilla cocida, las especificaciones respectivas se presentarán en el capítulo de definiciones del programa de diseño.

Los bloques de mampostería de perforación vertical presentan una serie de limitaciones dimensionales de celdas y paredes como son: (NSR-10 D.3.6.4.)

- El área de las celdas verticales de la pieza de mampostería en posición normal, no puede ser mayor que el 65% del área de la sección transversal.
- Las celdas verticales u horizontales continuas en donde se coloque refuerzo no pueden tener una dimensión menor de 50 mm, ni menos de 3000 mm² de área.
- Las paredes externas e internas no pueden tener un espesor menor que el establecido en la tabla D.3.6-1. De la NSR-10 (Ver Tabla 2)
- Las unidades de perforación vertical en arcilla cocida pueden tener perforaciones secundarias en las paredes, distintas a las celdas principales y paralelas a ellas. Estas perforaciones en las paredes no pueden tener una dimensión transversal mayor de 20 mm ni pueden estar a menos de 10 mm del borde de la pared perforada.

Tabla 2. Espesores mínimos de paredes en unidades (bloques) de mampostería de perforación vertical (mm)

Espesor externo	Espesor mínimo de paredes exteriores		Espesor mínimo de tabiques transversales
Nominal	Sin perforaciones verticales secundarias	Con perforaciones verticales secundarias	Sin perforaciones verticales secundarias
80	20	30	20
100	20	30	20
120	22	32	20
150	25	35	25
200	30	40	25
250	35	45	30
300	40	50	30

Fuente: Tabla D.3.6-1. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

3.4.5. Resistencia de la mampostería a la compresión (f'_m)

La NSR-10 establece tres métodos por los cuales se puede determinar la resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m), el cual es una de las propiedades más importantes en el momento de diseñar un muro de mampostería estructural:

- **Por medio de registros históricos:** Cuando existan registros históricos confiables y suficientes de resultados de ensayos de muestras de muretes de construcciones anteriores realizadas con los materiales especificados para la obra, llevadas a cabo con similares procesos técnicos y de supervisión, en caso de que el coeficiente de variación de los resultados sea inferior o igual al 30%, se permite seleccionar el valor de f'_m con base en estos registros. (NSR-10 D.3.7.3.)
- **Por determinación experimental sobre muretes de prueba:** La resistencia especificada a la compresión de la mampostería f'_m , se puede determinar experimentalmente para los mismos materiales que se van a emplear, realizando ensayos sobre muretes preliminares a la obra. El procedimiento de elaboración y ensayo de muretes de prueba se encuentra descrito en el numeral D.3.7.2. (NSR-10 D.3.7.4.)
- **Por medio de ensayos sobre materiales individuales:** Cuando f'_m no se seleccione mediante ensayos de muretes preliminares o históricos, su valor puede determinarse mediante la siguiente expresión (NSR-10 D.3.7.5):

$$R_m = \left(\frac{2h}{75+3h} \right) f'_{cu} + \left(\frac{50 k_p}{75+3h} \right) f'_{cp} \leq 0.8 f'_{cu}$$

$$f'_m = 0.75 R_m$$

f'_{cu} : Resistencia a la compresión de la unidad de mampostería [MPa]

f'_{cp} : Resistencia a la compresión del mortero de pega [MPa]

k_p : Factor de corrección por absorción de la unidad.

h : Altura de la unidad de mampostería [mm]

3.5. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DEL REFUERZO PARA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Todo refuerzo que se emplee en los diferentes tipos de mampostería estructural debe estar embebido en concreto, mortero de relleno o mortero de pega, y debe estar localizado de tal manera que se cumplan los requisitos de recubrimiento mínimo, anclaje, adherencia, y separación mínima y máxima con respecto a las unidades de mampostería y a otros refuerzos. (NSR-10 D.4.2.1.)

3.5.1. Diámetros mínimos y máximos permitidos

El refuerzo vertical que se coloca dentro de celdas de unidades de perforación vertical que posteriormente se inyectan con mortero debe cumplir con (NSR-10 D.4.2.2.1.):

- El diámetro mínimo de barra a utilizar es 3/8"
- El diámetro máximo de barra a utilizar es 3/4" para muros de espesor menor o igual a 200 mm, en muros de mayor espesor se puede usar hasta barras de 1"
- El diámetro de barra a utilizar no puede exceder 1/3 de la dimensión mínima de celda.

El refuerzo horizontal colocado en las juntas de mortero de pega debe cumplir con (NSR-10 D.4.2.2.2):

- El diámetro mínimo de barra a utilizar es 4.00 mm
- El diámetro de barra a utilizar no puede exceder la mitad del espesor del mortero de pega.

3.5.2. Longitud de desarrollo y traslapo

La tracción o compresión calculada en el refuerzo en cada sección, debe ser desarrollada a cada lado de la sección mediante la longitud de desarrollo, gancho, anclaje mecánico o una combinación de los mismos.

La longitud de desarrollo (L_d) para barras corrugadas embebidas en mortero de relleno en tracción o en compresión, se puede determinar por medio de la siguiente expresión (NSR-10 D.4.2-1):

$$L_d = \frac{1.5 d_b^2 f_y}{K \sqrt{f'_m}} \geq 300 \text{ mm}$$

L_d : Longitud de desarrollo [mm]

d_b : Diámetro de barra [mm]

f_y : Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo [MPa]

f'_m : Resistencia a la compresión de la mampostería [MPa]

K : Recubrimiento del refuerzo medido desde el extremo exterior de la unidad de mampostería [mm]

El valor de K no puede exceder cinco veces el diámetro de barra del refuerzo, por lo tanto podríamos calcular K por medio de la siguiente expresión:

$$K = \frac{b - d_b}{2} \leq 5d_b$$

La longitud de empalme por traslape se debe tomar igual a la longitud de desarrollo L_d (NSR-10 D.4.2.5.3.)

3.5.3. Gancho Estándar

La NSR-10 determina la longitud recta del gancho estándar en términos del diámetro de barra y del ángulo del dobléz que se realizará (NSR-10 D.4.2.7.):

- Un dobléz de 180 grados más una extensión recta de al menos 4 veces el diámetro de la barra pero no menor de 64 mm en el extremo libre de la barra.
- Un dobléz de 90 grados más una extensión recta de al menos 12 veces el diámetro de la barra en el extremo libre de la barra.
- Un dobléz de 135 grados más una extensión recta de al menos 6 veces el diámetro de la barra en el extremo libre de la barra.

3.6. REQUISITOS GENERALES DE ANALISIS Y DISEÑO

El análisis y diseño de la mampostería estructural debe hacerse utilizando métodos racionales basados en principios aceptados por la buena práctica de la ingeniería y que reflejen las características y propiedades de los materiales componentes, los métodos constructivos utilizados y el comportamiento individual y en conjunto del sistema estructural. (NSR-10 D.5.1.1.)

Los requisitos de análisis y diseño del Título D de la NSR-10 están basados en el método del estado límite de resistencia, utilizando las combinaciones de carga descritas en B.2.4.

3.6.1. Combinaciones de carga mayoradas usando el método de resistencia.

El diseño de estructuras en mampostería estructural debe hacerse de tal forma que sus resistencias de diseño iguallen o excedan los efectos producidos por las cargas mayoradas en las siguientes combinaciones:

$1.4(D + F)$	(B.2.4-1)
$1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-2)
$1.2D + 1.6(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e) + (L \text{ ó } 0.8W)$	(B.2.4-3)
$1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ ó } G \text{ ó } L_e)$	(B.2.4-4)
$1.2D + 1.0E + 1.0L$	(B.2.4-5)
$0.9D + 1.6W + 1.6H$	(B.2.4-6)
$0.9D + 1.0E + 1.6H$	(B.2.4-7)

Donde,

D: Carga muerta total

L: Cargas vivas debidas al uso y ocupación de la edificación

F: Cargas debidas al peso y presión de fluidos con densidades definidas

T: Fuerzas y efectos causados por efectos acumulados de variación de temperatura, retracción de fraguado, etc.

H: Cargas debidas al empuje lateral del suelo, de agua freática o de materiales almacenados con restricción horizontal

L_r: Carga viva sobre la cubierta

G: Carga debida al granizo

L_e: Carga de empozamiento de agua

W: Carga de viento

E: Fuerzas sísmicas reducidas de diseño ($E = F_s / R$)

3.6.2. Resistencia requerida y de diseño de los muros de mampostería

La resistencia requerida de un muro estructural es el valor máximo, expresado en términos de carga o momentos y fuerzas internas asociadas, que resultan de aplicar a la estructura las diferentes cargas obtenidas de las combinaciones de carga mayoradas usando el método de resistencia.

La resistencia de diseño que tiene un muro de mampostería estructural en términos de momentos flectores, carga axial y cortante, debe ser igual a su resistencia nominal calculada de acuerdo con los requisitos y suposiciones del capítulo D.5. de la NSR-10, y luego multiplicada por un coeficiente de reducción de resistencia, ϕ .

$$\text{Resistencia de Diseño} = \phi \times \text{Resistencia Nominal} \geq \text{Resistencia Requerida}$$

3.6.3. Coeficientes de reducción de resistencia ϕ

Los coeficientes de reducción de resistencia varían de acuerdo con la dirección de las fuerzas aplicadas respecto al plano del muro (NSR-10 D.5.1.5.)

- Efectos gravitacionales y fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro:

Flexión y flexo-compresión	$\phi = 0.80$
Cortante	$\phi = 0.60$

- Fuerzas horizontales paralelas al plano del muro:

Flexión	$\phi = 0.85$
Compresión y flexo-compresión	$\phi = 0.60$
Cortante	$\phi = 0.60$

3.6.4. Suposiciones de diseño

El diseño de mampostería estructural por el método del estado límite de resistencia se basa en las siguientes suposiciones:

- **Resistencia a la tracción de la mampostería.** La mampostería no resiste esfuerzos de tracción. (NSR-10 D.5.1.6.1.)
- **Compatibilidad de deformaciones.** El refuerzo está totalmente rodeado y adherido a los materiales de la mampostería de una manera tal, que trabajan como un material homogéneo. (NSR-10 D.5.1.6.2.)
- **Secciones planas permanecen planas.** Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en la mampostería deben suponerse proporcionales a la distancia al eje neutro de la sección. (NSR-10 D.5.1.6.3.)
- **Relación esfuerzo deformación para el acero de refuerzo.** Los esfuerzos en el acero, para valores menores que el esfuerzo de fluencia, f_y , deben considerarse linealmente proporcionales a la deformación unitaria multiplicada por E_s . Para valores superiores de deformación unitaria correspondiente al esfuerzo de fluencia, $\epsilon_y = f_y / E_s$, el esfuerzo en el acero se debe considerar independiente de la deformación e igual a f_y . (NSR-10 D.5.1.6.4.)
- **Deformación unitaria máxima en la mampostería.** La máxima deformación unitaria en la fibra extrema en compresión de la mampostería, ϵ_{mu} , debe tomarse como 0.003. (NSR-10 D.5.1.6.5.)
- **Relación esfuerzo-deformación para la mampostería.** En el diseño por el método de resistencia puede considerarse una distribución rectangular de esfuerzos de compresión en la mampostería definida de la siguiente forma:
 - Se puede suponer un esfuerzo uniforme de compresión en la mampostería con intensidad de $0.80f'_m$ sobre una zona equivalente limitada por los bordes de la sección efectiva y una línea recta paralela al eje neutro de la sección. (NSR-10 D.5.1.6.6.a.)

- La dimensión de la zona equivalente de compresión, a , medida en dirección perpendicular al eje neutro a partir de la fibra de máxima compresión, debe ser el 85% de la dimensión comprimida, c , de la sección en esa dirección ($a = 0.85c$). (NSR-10 D.5.1.6.6.b.)

3.6.5. Módulos de Elasticidad

Los módulos de elasticidad de los materiales que componen un muro de mampostería estructural son:

Acero de refuerzo. El módulo de elasticidad del acero de refuerzo debe tomarse como: (NSR-10 D.5.2-1)

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Bloque de mampostería en arcilla. El módulo de elasticidad de la mampostería en arcilla puede obtenerse por medio de ensayos de laboratorio o por registros históricos de diseños anteriores con materiales similares, pero en caso de no contar con ellos se puede utilizar la siguiente expresión: (NSR-10 D.5.2-3)

$$E_m = 750 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

Bloque de mampostería en concreto. Al igual que con el bloque de arcilla, el módulo de elasticidad del bloque de concreto puede obtenerse mediante ensayos de laboratorio o por registros históricos, pero en caso de no contar con ellos se puede utilizar la siguiente expresión: (NSR-10 D.5.2-2)

$$E_m = 900 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

3.6.6. Características dimensionales efectivas

3.6.6.1. Área Efectiva (A_e)

El área efectiva a utilizar para el cálculo de los esfuerzos axiales debe ser la suma del área mínima de contacto entre el mortero de pega y la unidad de mampostería y el área inyectada.

3.6.6.2. Espesor efectivo para evaluar el efecto de pandeo (t)

La NSR-10 define el espesor efectivo para evaluar el efecto de pandeo en muros sin machones o columnas de arriostramiento, como el espesor “real” del muro.

Esta definición de la norma no es muy clara ya que deja abierto el debate de si ese espesor real se refiere al espesor efectivo del muro (A_e/L) o el espesor bruto del bloque de mampostería.

El ACI 530 no calcula la reducción de capacidad por pandeo en términos de su espesor efectivo sino en términos de su radio de giro, en los comentarios del ACI 530 referente al cálculo del radio de giro especifica que dado que la rigidez del muro es calculada utilizando su Área Efectiva (A_e) entonces debe usarse esta misma área para calcular su radio de giro, por lo tanto el espesor efectivo utilizado para evaluar el efecto de pandeo debe ser:

$$t = A_e / L$$

Siendo L la longitud del muro de mampostería.

3.6.6.3. Altura efectiva para evaluar el efecto de pandeo (h')

La altura efectiva h' de un elemento para el cálculo del coeficiente de reducción por pandeo se debe tomar de la siguiente forma: (NSR-10 D.5.4.3.)

- En elementos soportados lateralmente arriba y abajo en la dirección considerada, como la distancia libre entre apoyos.
- En elementos no soportados en un extremo en la dirección considerada, como el doble de la dimensión medida desde el apoyo.
- Cuando se justifique apropiadamente, se puede utilizar como altura efectiva una dimensión menor a la distancia libre entre apoyos.

La NSR-10 especifica que la relación entre altura efectiva y espesor efectivo no puede ser superior a 25 en muros estructurales (NSR-10 D.5.4.3.1.). Este es un artículo que normalmente es ignorado en la mayoría de diseños, especialmente en los muros de pisos superiores donde el espesor efectivo necesario es relativamente pequeño y se tienden solo a llenar las celdas de los muros que tengan refuerzo.

3.6.6.4. Área efectiva para determinar esfuerzos cortantes (A_{mv})

El área efectiva para calcular esfuerzos cortantes en muros de mampostería contruidos con unidades de perforación vertical, debe tomarse de la siguiente manera:

- **Área efectiva A_{mv} para cortante en la dirección perpendicular al plano del muro.** Cuando la dirección de la fuerza horizontal es perpendicular al plano del muro, e induce esfuerzos cortantes en esa dirección, el área efectiva para cortante es igual a A_e ($A_{mv} = A_e$)
- **Área efectiva A_{mv} para cortante en la dirección paralela al plano del muro.** Cuando la dirección de las fuerzas horizontales es paralela al plano del muro, e induce esfuerzos cortantes en esa dirección, sólo el alma de la sección resiste esfuerzos cortantes y A_{mv} es el área neta del alma de la sección. Generalmente $A_{mv} = b \times L$, siendo b el ancho efectivo del alma.

3.6.7. Resistencia para carga axial de compresión

La máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad, P_o , se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_o = 0.80 f'_m (A_e - A_{st}) + A_{st} f_y \leq f'_m A_e \quad (D.5.5-1)$$

Dependiendo de la esbeltez del muro se debe hacer una reducción de la resistencia nominal para carga axial por medio del parámetro R_e (NSR-10 D.5.5-2):

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{42t} \right]^2 \quad \text{para } h'/t \leq 30$$

$$R_e = \left[\frac{21t}{h'} \right]^2 \quad \text{para } h'/t > 30$$

La resistencia nominal para carga axial de compresión P_n , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, no puede ser mayor que:

$$P_n = 0.80 P_o R_e \quad (D.5.5-3)$$

La máxima resistencia de diseño para carga axial de compresión P_u , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, está dada por:

$$P_u \leq \phi P_n = \phi 0.80 P_o R_e \quad (D.5.5-4)$$

3.6.8. Resistencia a la flexo-compresión

Para el diseño a flexo-compresión de un muro de mampostería con un momento de diseño M_u , que acompaña la carga axial P_u , se debe cumplir la siguiente condición:

$$M_u \leq \phi M_n \quad (D.5.8-3)$$

M_n se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, de acuerdo con las suposiciones de diseño (Ver numeral 3.6.4.), los cuales permiten calcular un diagrama de interacción del muro, empleando el coeficiente de reducción de resistencia apropiado.

El cálculo del momento nominal resistente M_n se tratará más a fondo en la Sección 5.6.4.1.

3.6.9. Resistencia al cortante en la dirección paralela al muro

Para un cortante de diseño paralelo al muro V_u se debe cumplir la siguiente condición:

$$V_u \leq \phi V_n \quad (D.5.8-4)$$

Donde,

$$V_n = V_m + V_s \quad (D.5.8-5)$$

Donde V_m es el cortante resistido por la mampostería y V_s es el cortante resistido por el refuerzo horizontal.

Si el cortante de diseño V_u es mayor que ϕV_m , el cortante de diseño debe ser resistido completamente por el refuerzo horizontal (V_s).

3.6.9.1. Articulación plástica.

Si el cortante nominal del muro, V_n , excede el cortante que se produce con la resistencia nominal a flexión del muro, M_n , existe la posibilidad de que se desarrolle una articulación plástica en la base del muro y deben adoptarse precauciones especiales dentro de una región que va desde la base del muro hasta una altura equivalente a la longitud del muro. Todas las secciones dentro de esta región deben tener una resistencia nominal al cortante igual a: (NSR-10 D.5.8.4.1.)

$$V_n = V_s$$

3.6.9.2. Cortante nominal resistido por la mampostería (V_m)

El cortante nominal resistido por la mampostería, V_m , se calcula utilizando las expresiones dadas en la tabla D.5.8-2 de la NSR-10 (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Valor del cortante nominal resistido por la mampostería, V_m

$\frac{M_u}{V_u d}$	V_m
$\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$	$V_m = 0.30 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25P_u$
$0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$	$V_m = \left[0.33 - 0.13 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25P_u$
$\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$	$V_m = 0.20 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25P_u$

Fuente: Tabla D.5.8-2. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

3.6.9.3. Cortante nominal resistido por el refuerzo horizontal de corte (V_s)

El cortante nominal resistido por el refuerzo horizontal de cortante, V_s , se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$V_s = \rho_n f_y A_{mv} \quad (D.5.8-7)$$

ρ_n es la cuantía del refuerzo que contribuye a resistir la fuerza cortante, calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$\rho_n = A_v \eta / s b \quad (D.5.8-8)$$

A_v es el área de refuerzo horizontal que resiste cortante, espaciado una separación s .

Cuando el refuerzo horizontal es colocado en escalerilla en las juntas de los bloques de mampostería se puede tomar el factor de eficiencia del refuerzo horizontal (η) como 0.35, cuando se utiliza bloque viga el valor de η es 0.70.

3.6.9.4. Valores máximos para el cortante nominal V_n

El cortante nominal, V_n , no puede exceder los valores dados en la tabla D.5.8-3 de la NSR-10 (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Valores máximos para el cortante nominal, V_n

$\frac{M_u}{V_u d}$	Máximo valor permitido para V_n
$\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$	$0.50 A_{mv} \sqrt{f'_m}$
$0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$	$\left[0.56 - 0.23 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m}$
$\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$	$0.33 A_{mv} \sqrt{f'_m}$

Fuente: Tabla D.5.8-3. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

3.6.10. Elementos de borde

Se deben utilizar elementos de borde en los muros de mampostería de unidades de perforación vertical, cuando el modo de falla del muro sea en flexión y el esfuerzo de compresión de la fibra extrema en condiciones de cargas mayoradas exceda $0.20f'_m$ para muros de mampostería reforzada, y cuando exceda $0.30f'_m$ para muros de mampostería parcialmente reforzada. (NSR-10 D.5.8.5.)

3.7. REQUISITOS DE CONSTRUCCION Y DISEÑO PARA MUROS DE MAMPOSTERIA REFORZADA Y PARCIALMENTE REFORZADA

El capítulo D.7. de la NSR-10 contiene los requisitos de construcción y diseño para muros de mampostería reforzada, de igual forma el capítulo D.8. contiene los requisitos de construcción y diseño para muros de mampostería parcialmente reforzada.

La Tabla 5 recopila y compara los aspectos principales de estos dos capítulos, así como de otros capítulos citados en ellos.

Tabla 5. Tabla comparativa de requisitos constructivos y de diseño para muros de mampostería reforzada y parcialmente reforzada.

Sistema Estructural	Mampostería reforzada con unidad de perforación vertical	Mampostería parcialmente reforzada con unidad de perforación vertical
Disipación de Energía	DES (Todas las celdas llenas) DMO/DMI (Solo se llenan las celdas con refuerzo)	DMO/DMI
Amenaza Sísmica Alta	DES (Max. 50 m) DMO (Max. 30 m)	Solo edificaciones de importancia I. Máximo 2 pisos.
Amenaza Sísmica Intermedia	DES (Sin límite) DMO (Max. 50 m)	Máximo 12 m
Amenaza Sísmica Baja	DES (Sin límite) DMO (Sin límite)	Máximo 18 m
Coefficiente de disipación de energía (R)	DES (3.50) DMO (2.50)	2.00
Espesor mínimo de bloque estructural	120 mm	120 mm
Resistencia mínima a la compresión de la mampostería (f'_m)	10 MPa	8 MPa
Separación máxima del refuerzo vertical	DES - $\min(L/3, h/3, 1.2m)$ DMO - 1200 mm	2400 mm
Diámetro de barra mínima en los extremos	#4	#3
Separación máxima del refuerzo horizontal	600 mm (Escalerilla) 1200 mm (Bloque Viga)	800 mm (Escalerilla) 3000 mm (Bloque Viga)

Chequeos de cuantías de refuerzo vertical (ρ_v) y horizontal (ρ_h)	$\rho_v \geq 0.00070$ $\rho_h \geq 0.00070$ $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$ $\rho_v \geq 0.50 \rho_h$	$\rho_v \geq 0.00027$ $\rho_h \geq 0.00027$
---	--	--

Fuente: Autor. Capítulos D.7. y D.8. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

3.8. COMPARATIVO DE NORMATIVIDAD DE DISEÑO EN MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL DE PERFORACIÓN VERTICAL DEL TÍTULO D (NSR-10) Y EL ACI 530-11

Como ya se expuso en la sección 1.1. una de las prácticas utilizadas para el diseño en mampostería estructural utilizando programas avanzados de análisis consiste en construir el modelo utilizando muros de espesor equivalente a los de mampostería (dependiendo de la cantidad de celdas llenas que se tengan), modificar las propiedades de los materiales para simular el comportamiento de la mampostería (Ver sección 3.4.5. y 3.6.5.) y una vez obtenidas las solicitaciones en los muros para las diferentes combinaciones de carga de diseño (Ver sección 3.6.1.) realizar un diseño manual de muros (individualmente, piso por piso y combinación por combinación) o utilizar los procedimientos de diseño automáticos del programa.

Normalmente no es común encontrar programas con módulos de diseño en mampostería, así que la opción más común es diseñar los muros con la normatividad de muros de concreto (ACI-318 o similares); algunos programas han introducido en los últimos años normas de diseño en mampostería, como es el caso de ETABS 2015 con la norma ACI 530-11, pero ¿Esta norma es 100% compatible con el Título D de la NSR-10? Si bien es cierto que los programas permiten modificar ciertos valores de constantes en sus programas de diseño (por ejemplo los coeficientes de reducción de resistencia) que podrían acercarnos a los valores de la NSR-10, hay variaciones en las formulaciones que no pueden modificarse y que podrían generar diferencias con los resultados obtenidos por ambas normatividades.

A continuación se presenta un comparativo de las principales diferencias entre el Título D de la NSR-10 y el ACI 530-11

- **Coeficientes de reducción de resistencia ϕ (NSR-10 D.5.1.5. / ACI 530-11 3.1.4.)**

La NSR-10 diferencia los coeficientes de reducción de resistencia dependiendo de la dirección de carga del muro, siendo:

- Efectos gravitacionales y fuerzas horizontales perpendiculares al plano del muro:

Flexión y flexo-compresión	$\phi = 0.80$
Cortante	$\phi = 0.60$

- Fuerzas horizontales paralelas al plano del muro:

Flexión	$\phi = 0.85$
Compresión y flexo-compresión	$\phi = 0.60$
Cortante	$\phi = 0.60$

Por otro lado, el ACI 530-11 no hace diferencia entre la dirección de carga del muro y los factores de reducción son:

Flexión y flexo-compresión	$\phi = 0.90$
Cortante	$\phi = 0.80$

- **Suposición de diseño. Deformación unitaria máxima en la mampostería. (NSR-10 D.5.1.6.5. / ACI 530-11 3.3.2.(c))**

De acuerdo con la NSR-10, la máxima deformación unitaria en la fibra extrema en compresión de la mampostería, ϵ_{mu} , debe tomarse como 0.003, pero el ACI 530-11 hace la distinción de la máxima deformación unitaria para bloques de mampostería estructural en arcilla y concreto, siendo 0.0035 para bloques de arcilla y 0.0025 para bloques de concreto.

- **Suposición de diseño. Relación esfuerzo-deformación para la mampostería. (NSR-10 D.5.1.6.6.b / ACI 530-11 3.3.2.(g))**

De acuerdo con la NSR-10, la dimensión de la zona equivalente de compresión, a , medida en dirección perpendicular al eje neutro a partir de la fibra de máxima compresión, debe ser el 85% de la dimensión comprimida, c , de la sección en esa dirección ($a = 0.85c$), mientras que para el ACI 530-11 esta dimensión de la zona equivalente a compresión debe ser el 80% de la dimensión comprimida, c ($a = 0.80c$).

- **Longitud de desarrollo. (NSR-10 D.4.2.5. / ACI 530-11 3.3.3.3.)**

De acuerdo con la NSR-10, la longitud de desarrollo L_d puede ser calculada por medio de la siguiente expresión:

$$L_d = \frac{1.5 d_b^2 f_y}{K \sqrt{f'_m}} \geq 300 \text{ mm}$$

La expresión utilizada por el ACI 530-11 es igual pero aumenta un factor γ de la siguiente forma:

$$L_d = \frac{1.5 d_b^2 f_y \gamma}{K \sqrt{f'_m}} \geq 305 \text{ mm}$$

El valor de γ depende del diámetro de barra utilizado:

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| ○ Para barras #3 - #5 | $\gamma = 1.00$ |
| ○ Para barras #6 y #7 | $\gamma = 1.30$ |
| ○ Para barras #8 | $\gamma = 1.50$ |

- **Módulo de Elasticidad de la mampostería en arcilla (NSR-10 D.5.2.1.2. / ACI 530-11 1.8.2.2.1.)**

En ausencia de ensayos de laboratorio o registros históricos de diseños anteriores con materiales similares, la NSR-10 permite estimar el módulo de elasticidad de la mampostería estructural en arcilla por medio de la siguiente expresión:

$$E_m = 750 f'_m \leq 20000 \text{ MPa}$$

De igual forma el ACI 530-11 permite hacer un estimativo del módulo de elasticidad de la mampostería estructural en arcilla pero con una expresión diferente:

$$E_m = 700 f'_m$$

- **Cortante resistido por la mampostería (V_m) y cortante de diseño (V_u) (NSR-10 D.5.8.4.)**

De acuerdo con la NSR-10, si el cortante de diseño V_u es mayor que ϕV_m , el cortante de diseño debe ser resistido completamente por el refuerzo horizontal (V_s).

Esta condición no se encuentra en el ACI 530-11.

- **Cálculo del cortante resistido por la mampostería (V_m) (NSR-10 D.5.8.4.2. / ACI 530-11 3.3.4.1.2.1.)**

De acuerdo con la NSR-10, el valor de V_m depende de la relación $\frac{M_u}{V_u d}$ y puede ser calculado por medio de las expresiones que se encuentran en la Tabla 3 de este documento.

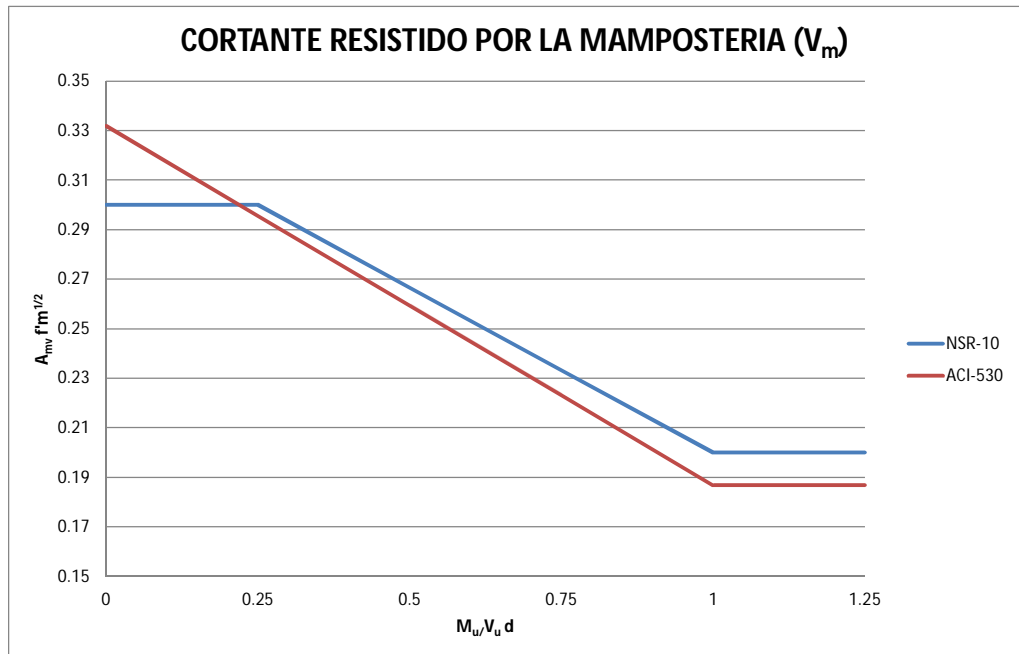
De acuerdo con al ACI 530-11, el cortante resistido por la mampostería puede calcularse por medio de la siguiente expresión:

$$V_m = 0.083 \left[4.00 - 1.75 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25 P_u$$

El valor de $\frac{M_u}{V_u d}$ debe ser siempre positivo y no es necesario que sea mayor de 1.00.

La Figura 1 muestra la variación del factor que acompaña al producto de $A_{mv} \sqrt{f'_m}$ de acuerdo con las expresiones utilizadas en NSR-10 y ACI 530-11

Figura 1. Variación del cortante resistido por la mampostería V_m de acuerdo con la NSR-10 y el ACI 530



Fuente. Autor.

- **Cálculo del cortante resistido por el refuerzo (V_s) (NSR-10 D.5.8.4.3. / ACI 530-11 3.3.4.1.2.3.)**

De acuerdo con la NSR-10, el cortante nominal resistido por el refuerzo horizontal de cortante, V_s , se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$V_s = \rho_n f_y A_{mv}$$

ρ_n es la cuantía del refuerzo que contribuye a resistir la fuerza cortante, calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$\rho_n = A_v \eta / s b$$

A_v es el área de refuerzo horizontal que resiste cortante, espaciado una separación s .

Cuando el refuerzo horizontal es colocado en escalerilla en las juntas de los bloques de mampostería se puede tomar el factor de eficiencia del refuerzo horizontal (η) como 0.35, cuando se utiliza bloque viga el valor de η es 0.70.

Por su parte el ACI 530-11 determina el cortante resistido por el refuerzo por medio de la siguiente expresión:

$$V_s = 0.5 (A_v / s) f_y d$$

Comparando esta fórmula con la de la NSR-10 sería equivalente a utilizar un valor de η igual a 0.40. El ACI 530-11 no diferencia entre refuerzo en escalerilla o refuerzo horizontal en bloque viga (bond beam).

- **Elementos de Borde (NSR-10 D.5.8.5. / ACI 530-11 3.3.6.5.)**

De acuerdo con la NSR-10, se deben utilizar elementos de borde en los muros de mampostería de unidades de perforación vertical, cuando el modo de falla del muro sea en flexión y el esfuerzo de compresión de la fibra extrema en condiciones de cargas mayoradas exceda 0.20f'm para muros de mampostería reforzada, y cuando exceda 0.30f'm para muros de mampostería parcialmente reforzada. Esto quiere decir que la NSR-10 únicamente realiza control por esfuerzos para determinar la necesidad de elementos de borde en muros de mampostería estructural.

El ACI 530-11 evalúa la necesidad del elemento de borde de dos formas:

- **Control por esfuerzos (3.3.6.5.4.):** Se deben utilizar elementos de borde en los muros de mampostería cuando el esfuerzo máximo a compresión en la fibra extrema, para cargas mayoradas que incluyan sismo, excedan $0.2 f'_m$.
- **Control por deformaciones (3.3.6.5.3.):** El control por deformaciones solo puede utilizarse en muros cuya deformación es por curvatura simple y el modo de falla del muro sea en flexión en la base del muro.

Se deben utilizar elementos de borde cuando el valor de la profundidad del eje neutro (c) sea mayor que:

$$c \geq \frac{L_w}{600 (C_d \delta_{ne} / h_w)}$$

L_w : Longitud del muro [in]

C_d : Factor de amplificación de deformaciones

δ_{ne} : Desplazamiento máximo según la combinatoria evaluada [in]

h_w : Altura total del muro [in]

Además, el ACI 530-11 permite obviar la necesidad de elementos de borde cuando se cumpla:

- $P_u \leq 0.05 A_g f'_m$
- $M_u / V_u L_w \leq 1.00$
- $V_u \leq 3 A_n f'_m{}^{1/2}$ y $M_u / V_u L_w \leq 3.00$

4. FASES DE DESARROLLO

4.1. FASE 1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

- Recolección de información referente a la metodología de diseño LRFD para muros en mampostería estructural de perforación vertical según el título D de la NSR-10 y el ACI 530-08/11.
- Recolección de información referente a la presentación y tipos de datos entregados por el programa de análisis estructural ETABS 2015.
- Recolección de información referente a programación en Visual Basic.
- Recolección de información referente a la generación de documentos .pdf, .txt y .dxf en Visual Basic.
- Redacción de informe de progreso.

4.2. FASE 2. LECTURA DE DATOS.

- Identificación de los datos necesarios para el diseño de muros en mampostería estructural según los listados entregados por el programa de análisis estructural (ETABS 2015).
- Identificación de los datos necesarios para generar vistas en planta del modelo estructural generado en el programa de análisis estructural (ETABS 2015).
- Desarrollo de una rutina para la lectura de los datos necesarios para el diseño de muros en mampostería estructural a partir de un modelo dado.
- Desarrollo de una rutina para la elaboración de vistas en planta de un modelo dado.
- Evaluación de las rutinas de lectura y generación de plantas con diferentes modelos de análisis estructural.
- Redacción de informe de progreso.

4.3. FASE 3. PROCESAMIENTO DE DATOS.

- Desarrollo de una rutina que module los muros leídos de un modelo dado de acuerdo con el tipo de bloque definido por el usuario.
- Desarrollo de una interfaz gráfica que permita al usuario modificar las celdas que llevan mortero de relleno y el refuerzo vertical y horizontal de los diferentes muros que componen el modelo leído.
- Desarrollo de una rutina que a partir de la información generada por el usuario de un muro de mampostería estructural (longitud, dimensiones de

bloque, celdas llenas, refuerzo vertical y horizontal, solicitudes de diseño) calcule su diagrama de interacción, momento nominal resistente, cortante nominal resistente, chequeo de elemento de borde, índices de sobreesfuerzo, chequeos de cuantías e identifique las combinaciones críticas de diseño de acuerdo con la metodología LRFD del título D de la NSR-10.

- Evaluación de las rutinas de modulación y modificación de refuerzos con diferentes modelos de análisis estructural.
- Evaluación de la rutina de cálculo de diagramas de interacción, momento nominal resistente, cortante nominal resistente, chequeo de elemento de borde, índices de sobreesfuerzo y chequeos de cuantías con muros calculados manualmente.
- Redacción de informe de progreso.

4.4. FASE 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

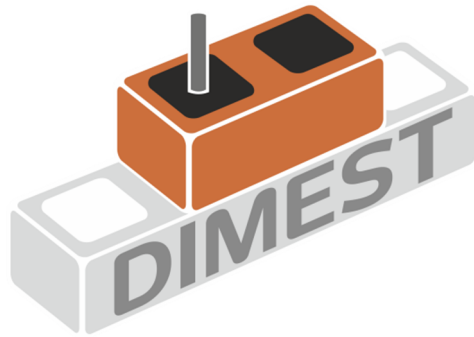
- Desarrollo de una rutina que a partir de los cálculos de capacidad de un muro realice su diseño de forma automática, es decir, que sea capaz de modificar su refuerzo (vertical y horizontal) de forma automática para cumplir con la relación de solicitud/capacidad determinada por el usuario.
- Desarrollo de una rutina que expanda la rutina de diseño de un muro estructural y permita el diseño automático de todos los muros estructurales de un modelo dado.
- Desarrollo de una rutina de grabado y lectura de datos de análisis y diseño de los muros de mampostería estructural calculados.
- Evaluación de las rutinas de diseño con diferentes modelos de análisis estructural.
- Evaluación de las rutinas de grabado y lectura.
- Redacción de informe de progreso.

4.5. FASE 5. ENTREGA DE RESULTADOS.

- Desarrollo de una rutina generadora de memorias de cálculo resumidas y detalladas de los muros diseñados.
- Desarrollo de una rutina generadora de listados de refuerzo por muro y totalizadas junto con sus respectivas cantidades de obra.
- Desarrollo de una rutina generadora de planos en formato DXF de plantas de muros estructurales y alzadas de muros.
- Evaluación de las rutinas de memorias de cálculo, cantidades de obra y planos en DXF con diferentes modelos estructurales.
- Redacción del manual de usuario.
- Finalización del informe final del proyecto.

5. DIMEST

5.1. DESCRIPCION DEL PROGRAMA



DIMEST es un post procesador para el diseño de muros en mampostería estructural de perforación vertical, el cual utilizando los resultados obtenidos de un programa de análisis estructural realiza su diseño utilizando la metodología LRFD descrita en el título D de la NSR-10.

DIMEST permite al diseñador generar un nuevo proyecto de diseño en el cual podrá interactuar con todos los muros del modelo estructural, modificarlos en geometría (longitud, dimensiones de bloque) y refuerzo (vertical y horizontal) y conocer inmediatamente el nivel de esfuerzo en el cual se encuentran o, si así lo desea, permitir que DIMEST automáticamente realice el diseño de todos los muros de acuerdo con los parámetros definidos por el diseñador.

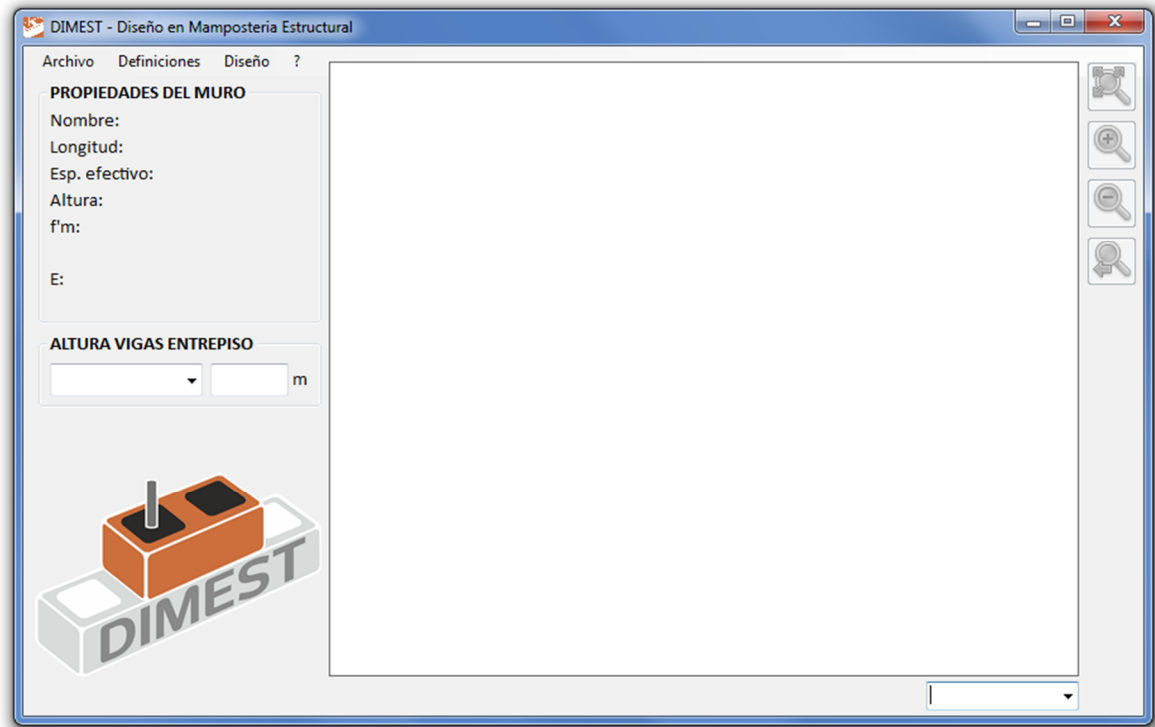
DIMEST además genera un informe detallado de los diseños realizados, ya sea muro por muro o en una tabla resumen para todos los muros del proyecto. De igual forma DIMEST también genera las cantidades de obra generales, detalladas por muro y los listados de pedidos de refuerzo figurado.

Finalmente, DIMEST permite al diseñador generar planos en formato DXF de las plantas y alzadas de muros estructurales con sus respectivas dovelas de refuerzo y celdas con mortero de relleno ubicadas según los diseños (y modificaciones) realizadas en el proyecto.

5.2. VENTANA DE INICIO (ARRANQUE)

La ventana de inicio presenta al usuario el espacio donde se presentará la planta del modelo estructural que se trabajará en el proyecto de DIMEST.

Figura 2. Ventana de inicio (Arranque).

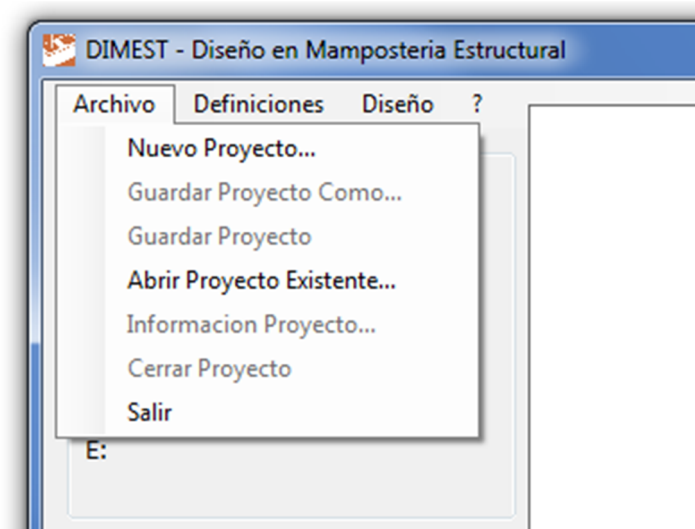


Fuente. DIMEST.

Inicialmente el espacio de trabajo se encuentra en blanco y permite al usuario tres opciones (Ver Figura 3) en el menu de Archivo:

- Nuevo Proyecto...
- Abrir Proyecto Existente...
- Salir

Figura 3. Menú de Archivo en arranque.



Fuente. DIMEST.

5.2.1. Nuevo Proyecto...

Como ya se explicó en la descripción del proyecto, DIMEST es un post procesador que toma los resultados de un programa de análisis estructural para realizar el diseño de los muros en mampostería utilizando la metodología LRFD de la NSR-10. En la primera y segunda fase del proyecto de desarrollo de DIMEST se indicó que era necesario reconocer la forma en que el programa de análisis estructural almacena y entrega la información básica del proyecto y los resultados del análisis estructural.

Para la construcción de la planta estructural en DIMEST es necesario obtener los siguientes datos del modelo estructural:

- Información de los ejes estructurales (Nombre y coordenadas)
- Información de los niveles de entrepiso (Nombre y alturas)
- Información de los materiales utilizados en el análisis (Nombre, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad)
- Información de las propiedades de los muros definidos en el modelo (Tipo, espesor, material asociado)
- Información de los muros definidos en el modelo (Coordenada de arranque del muro, coordenada de finalización del muro, tipo de muro asociado)

Para la versión 1.0 de DIMEST se tienen las siguientes observaciones en el momento de definir los muros en el modelo estructural.

- Todos los elementos “Wall” deben estar asociados a un tipo de muro definido. (En el caso de ETABS 2015 esto indica que todos los muros deben estar asociados a un “Pier”) De lo contrario DIMEST dará por inválida la lectura del modelo.
- Todos los muros deben nacer del nivel Base, pueden ser interrumpidos en altura según el proyecto lo determine pero no pueden nacer en niveles superiores al nivel definido como Base.
- Todos los muros deben estar alineados con los ejes X y Y del modelo. DIMEST no reconoce en este momento muros en diagonal.
- Un muro no puede estar compuesto de varios tipos de muros en el mismo nivel, pero si puede variar en altura. Es decir, un muro no puede variar de espesor o de resistencia a la compresión en el mismo piso, pero sus propiedades si pueden cambiar de un piso a otro. En caso de que sea necesario variar sus propiedades se recomienda definirlos como dos muros diferentes.
- Se recomienda no definir nombres de muros no se van a utilizar. DIMEST declara como invalida la lectura del modelo si encuentra nombres de muros no utilizados.

Para la lectura de las solicitaciones de los muros en DIMEST es necesario obtener los siguientes datos del modelo estructural:

- Carga axial en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar.
- Cortante paralelo al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar.
- Momento alrededor del eje perpendicular al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar.
- Cortante perpendicular al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar. (Opcional)
- Momento alrededor del eje paralelo al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar. (Opcional)
- Momento torsor en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar. (Opcional)

Esta información se puede obtener de todos los programas de análisis estructural pero cada uno lo entrega de forma diferente así que una sola rutina de lectura no es suficiente para cubrir todos los programas. DIMEST en su versión 1.0 tiene aplicada la rutina de lectura para el programa ETABS 2015, en posteriores versiones se dará soporte a otros programas de análisis estructural.

ETABS 2015 almacena la información referente al modelo (ejes, materiales, muros, coordenadas, configuración del muro) en el archivo `$.set`, el cual se actualiza cada vez que el modelo es grabado (sin necesidad de correrlo) y es generado automáticamente por el programa.

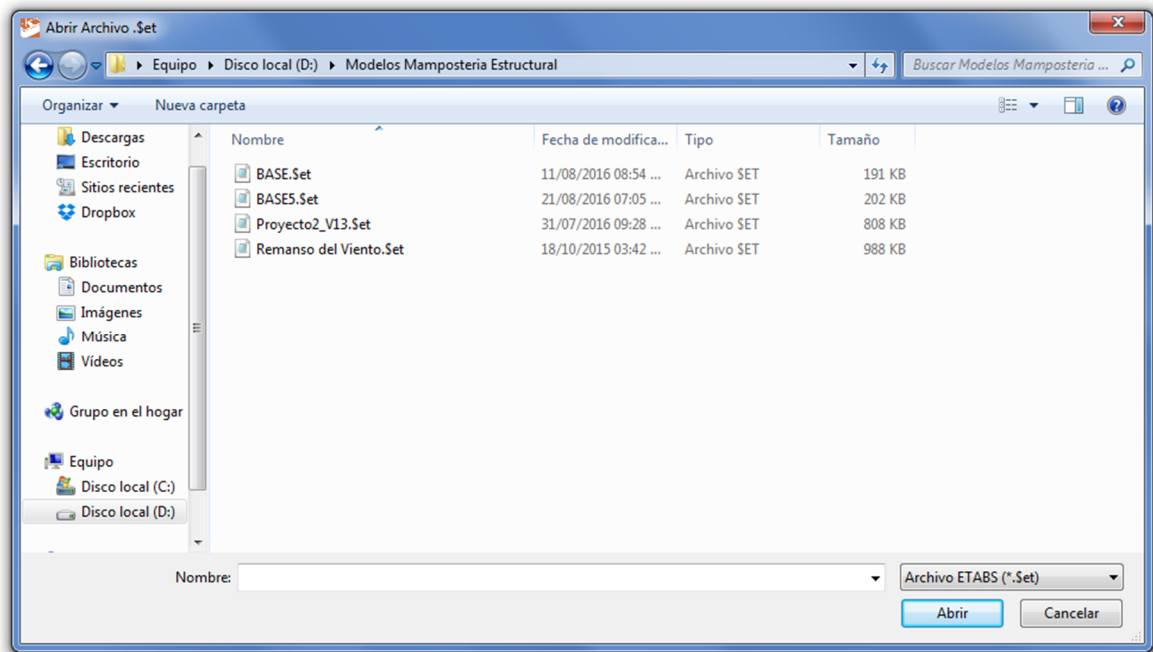
Las solicitudes de diseño deben ser generadas de forma independiente en una tabla de resultados una vez el programa es corrido. El procedimiento a seguir en ETBAS 2015 es:

- En el menú “Display” ir a la opción “Show Tables...”
- Esta opción nos lleva a la ventana “Choose Tables”. Desplegando las opciones que aparecen seguir la ruta “Tables” → “Analysis” → “Results” → “Wall Results” → “Pier Forces”. Seleccionar la opción “Pier Forces” y hacer click en “OK”
- Una vez ETABS 2015 genera la tabla de resultados hacer click derecho en el encabezado de la columna “Load/Case Combo”, en “Filters” seleccionar las combinaciones que desean utilizarse en el diseño. (Nota: Se recomienda llevar solo las combinaciones que en realidad se desean utilizar para que DIMEST corra de la forma más eficiente posible. Sin embargo, DIMEST permite seleccionar las combinatorias que desea utilizar en el diseño)
- Una vez sea definida la tabla con las combinaciones de diseño deseadas (No modificar los filtros de las otras columnas) se debe exportar la tabla a Excel. Hacer click derecho en la tabla y seleccionar la opción “Export to Excel”.
- Sin realizar modificaciones en la hoja de cálculo de Excel grabarlo como archivo CSV (delimitado por comas) (*.csv)

Este archivo de extensión `.csv` es el archivo que leerá DIMEST para identificar las solicitudes de los muros del modelo y así realizar su diseño.

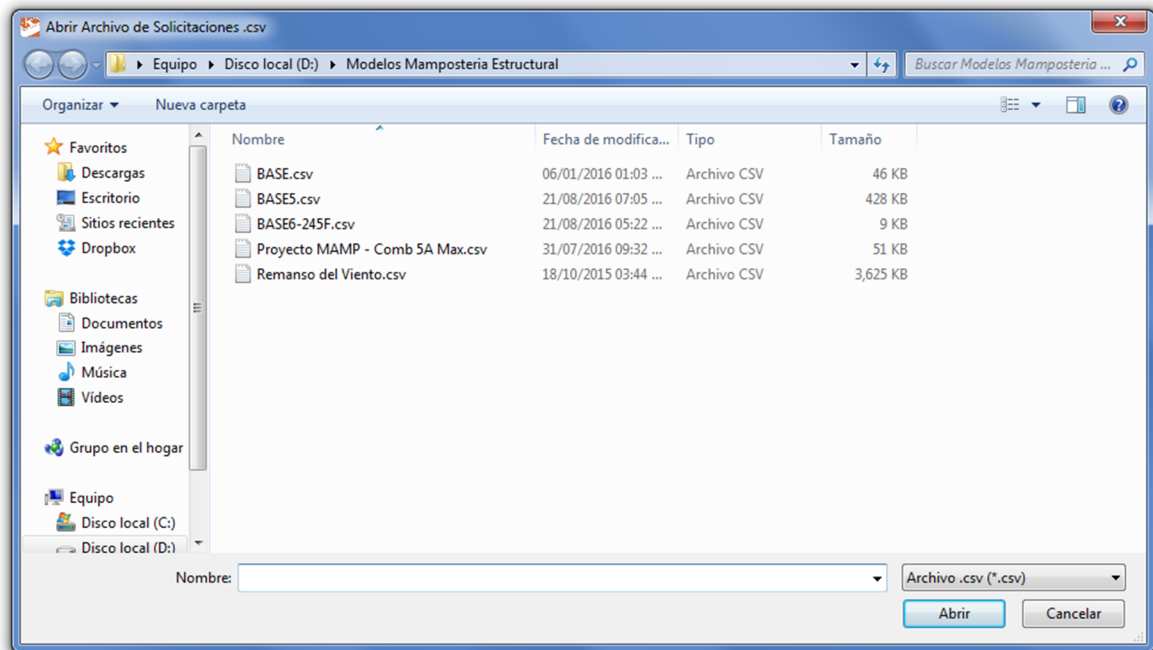
Cuando se escoge la opción “Nuevo Proyecto...” en DIMEST se solicitan el archivo de información del modelo estructural (*.set) (Ver Figura 4) y el archivo de solicitudes (*.csv) (Ver Figura 5) con los cuales DIMEST generará las vistas en planta del modelo y asignará las respectivas cargas a cada muro.

Figura 4. Lectura archivo de información del modelo estructural (*.Set)



Fuente. DIMEST.

Figura 5. Lectura archivo de solicitudes (*.csv)

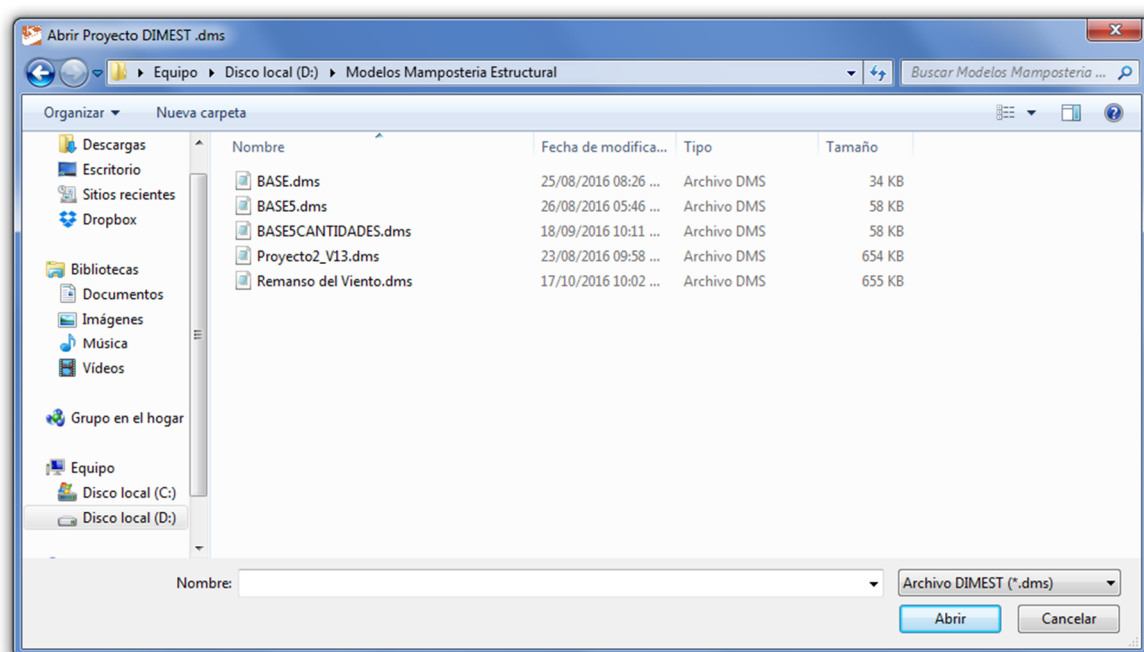


Fuente. DIMEST.

5.2.2. Abrir Proyecto Existente...

DIMEST permite al usuario guardar el trabajo realizado (modelo y solicitudes importadas, diseño de muros, modificación de refuerzos...) tal como se verá en la Sección 5.5.1. En la opción “Abrir Proyecto Existente...” DIMEST preguntara al usuario por el archivo de guardado de un proyecto de DIMEST (*.dms) (Ver Figura 6) para que el usuario pueda continuar con la elaboración de su proyecto de diseño en mampostería estructural.

Figura 6. Lectura archivo de guardado proyecto DIMEST (*.dms)



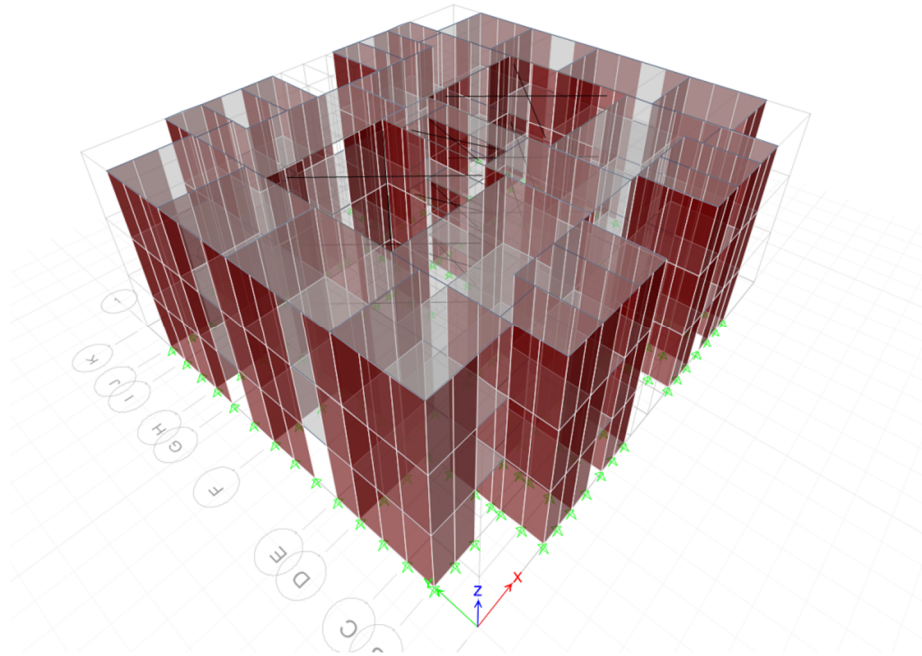
Fuente. DIMEST.

5.3. VENTANA DE INICIO (PROYECTO)

Una vez se ha cargado un proyecto en DIMEST (Ya sea por nuevo proyecto o proyecto existente) se presenta una vista en planta del primer piso del modelo leído y las propiedades del primer muro definido en el modelo.

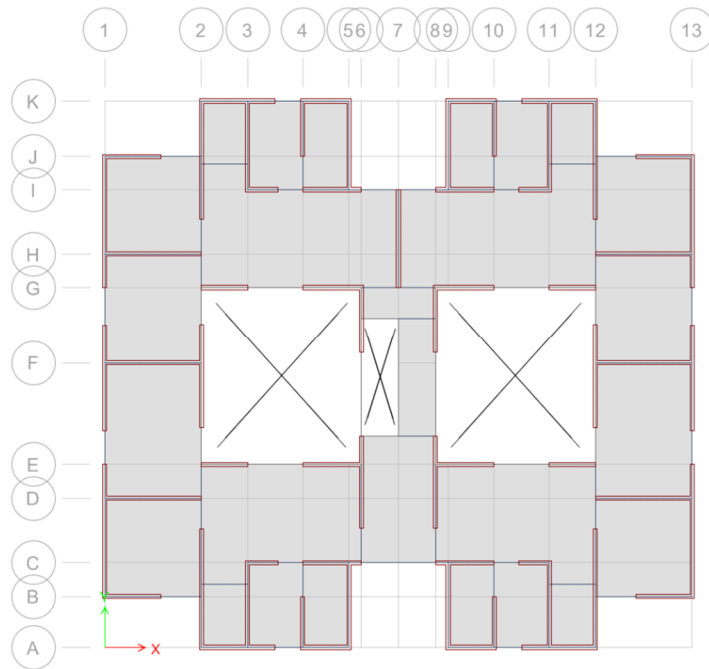
Como ejemplo se ha hecho un modelo en ETABS 2015 de una estructura en mampostería estructural de 3 pisos como se puede ver en las Figuras 7 y 8, este modelo será leído en DIMEST y la Figura 9 presenta la ventana de inicio para el nuevo proyecto.

Figura 7. Vista 3D modelo estructural en ETABS 2015



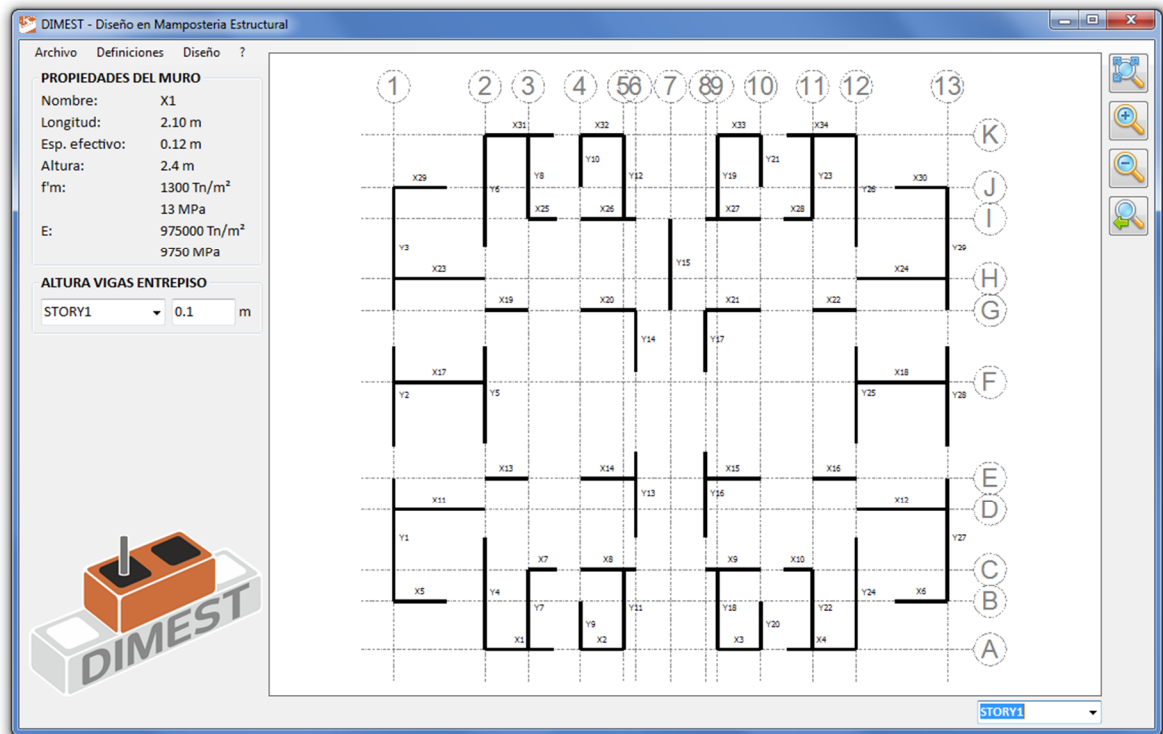
Fuente. ETABS 2015. CSI Computers & Structures.

Figura 8. Vista en planta. Piso tipo modelo estructural en ETABS 2015



Fuente. ETABS 2015. CSI Computers & Structures.

Figura 9. Ventana de inicio (Proyecto)



Fuente. DIMEST.






En la ventana de inicio se encuentra compuesta por tres partes diferenciadas de la siguiente forma:

- Ventana de visualización del proyecto en planta
- Propiedades del muro
- Altura de vigas de entrepiso

5.3.1. Ventana de visualización del proyecto en planta.

En la ventana principal se puede apreciar una vista en planta donde se marcan los ejes estructurales del modelo con sus respectivos nombres y los muros estructurales que conforman el modelo (no se marcan vigas, columnas ni similares) con la longitud y espesor real definida en el modelo. Los nombres que aparecen al lado de cada muro corresponden al nombre dado al pier para cada muro en ETABS 2015.

Además de la ventana principal de visualización se cuenta con los siguientes componentes:

	Selector del nivel mostrado en la planta estructural, el nombre del nivel corresponde al nombre dado en el modelo estructural
	Zoom total. Con esta opción se regresa a la vista general del modelo donde se puede ver el modelo completo
	Acercar. Con esta opción se puede hacer un acercamiento a la zona indicada.
	Alejar. Con esta opción se puede hacer un alejamiento a la zona indicada.
	Vista previa. Con esta opción se regresa a la vista anterior a la última modificación, sea acercamiento, alejamiento o zoom total.

5.3.2. Propiedades del muro

En el cuadro de propiedades del muro se muestran las principales propiedades de cada muro leído del modelo:

- **Nombre:** Corresponde al nombre del pier dado en el modelo a cada muro.
- **Longitud:** Corresponde a la longitud ajustada del muro de acuerdo con el número de celdas que se asigne a cada muro. (Ver sección 5.4.3)
- **Espesor:** Corresponde al espesor asignado al muro en el modelo, no al espesor efectivo calculado del muro después de modificar sus celdas llenas.
- **Altura:** Corresponde a la altura de piso definida en el modelo estructural, medida a cotas superiores de entresijos.
- **f'_m :** Corresponde a la resistencia a la compresión de la mampostería estructural definida para cada muro en Tn/m^2 y MPa.
- **E:** Corresponde al módulo de elasticidad de la mampostería estructural definida para cada muro en Tn/m^2 y MPa.

Para ver las propiedades de otro muro basta con hacer click izquierdo una vez sobre el muro deseado y se mostraran sus propiedades en el cuadro de Propiedades del Muro (El muro seleccionado se resaltará en color rojo).

5.3.3. Altura de vigas de entepiso

En este cuadro se define la altura de las vigas de entepiso que luego será usada en cálculos como la altura de pandeo del muro, además esta altura se verá reflejada en las alzadas de los muros y sus respectivos despieces.

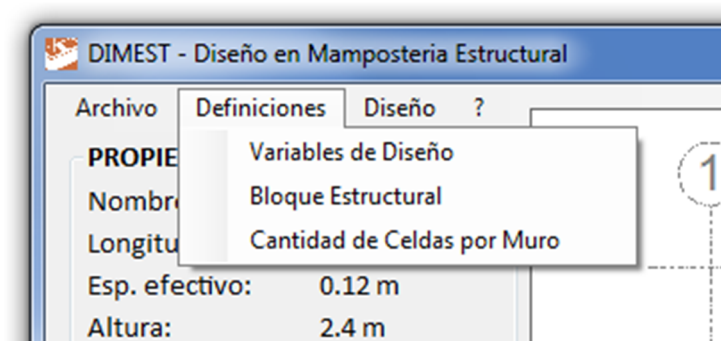
La altura de las vigas de entepiso es constante para todo el piso y no es necesaria modificarla muro por muro.

5.4. MENÚ DE DEFINICIONES

Una vez se ha cargado un nuevo proyecto se recomienda pasar por el menú de definiciones (Ver Figura 10), este menú se encuentra compuesto por:

- Variables de Diseño
- Bloque Estructural
- Cantidad de Celdas por Muro

Figura 10. Menú de definiciones



Fuente. DIMEST.

5.4.1. Variables de Diseño

La ventana de variables de diseño (Ver Figura 11) se encuentra compuesta por siete secciones diferenciadas de la siguiente forma:

- Combinatorias de Diseño
- Disipación de Energía
- Sistema Estructural
- Diseño a Flexión
- Diseño a Corte
- Elemento de Borde
- Preferencias de Diseño

Figura 11. Ventana de Variables de Diseño

Variables de Diseño

COMBINATORIAS DE DISEÑO

- ☒ COMB1
- ☒ COMB2 Max
- ☒ COMB2 Min
- ☒ COMB2A Max
- ☒ COMB2A Min
- ☒ COMB3 Max
- ☒ COMB3 Min
- ☒ COMB3A Max
- ☒ COMB3A Min
- ☒ COMB4 Max
- ☒ COMB4 Min

Todos Ninguno

DISIPACIÓN DE ENERGÍA

☐ DMI ☒ DMO ☐ DES

Ver Mapa

SISTEMA ESTRUCTURAL

☒ Capítulo D.7 (NSR-10)

☐ Capítulo D.8 (NSR-10)

DISEÑO A FLEXIÓN

fy [MPa]: 420 ϕ_f : 0.6 Mu/ ϕ Mn max: 0.95

DISEÑO A CORTE

fy [MPa]: 420 ϕ_v : 0.6 Vu/ ϕ Vn max: 0.95

☐ Incluir Rotula Plastica

ELEMENTO DE BORDE

f'c [MPa]: 21 Ec [MPa]: 18840

Long. Min. [Celdas]: 2 Long. Max.: Lmuro/ 4

Maximo Esfuerzo a Compresión [D.5.8.5.]

Capítulo D.7.: 0.2 f'm Capítulo D.8.: 0.3 f'm

Modo de Calculo Espesor Efectivo

☒ Área Equivalente ☐ Rigidez Equivalente

PREFERENCIAS DE DISEÑO

Diámetro de Barra [#] - Mínimo: 3 Máximo: 6

Relación h/tef: 25 Altura Cimentación: 0.3

Modo de Diseño

☒ Mayores Diámetros / Menor Cantidad de Barras

☐ Menores Diámetros / Mayor Cantidad de Barras

Aceptar Cancelar

Fuente. DIMEST.

5.4.1.1. Combinatorias de Diseño

En este cuadro se pueden seleccionar las combinatorias que se desean que formen parte del proceso de diseño de los muros; las combinatorias que aparecen aquí son todas las que fueron exportadas del modelo estructural al archivo .csv de solicitudes (Ver Sección 5.2.1.)

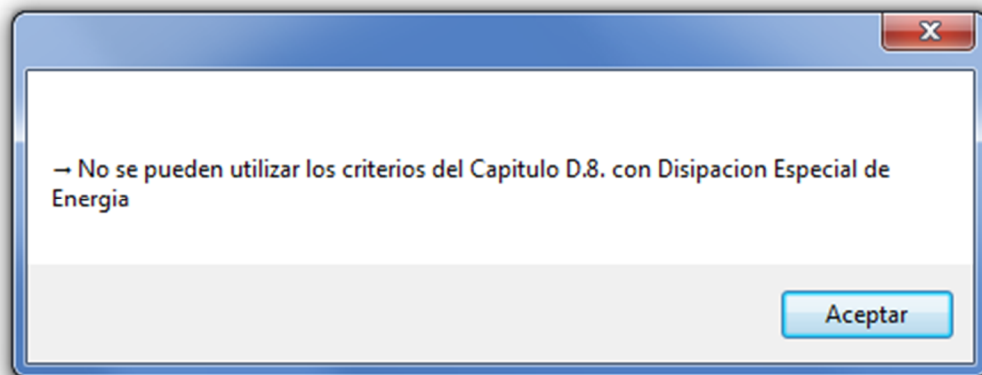
Como se sugirió en la Sección 5.2.1. es recomendable solo exportar las combinatorias con las que se desea diseñar para que DIMEST trabaje de la forma más eficiente posible.

5.4.1.2. Disipación de Energía

En este cuadro se seleccionará el nivel de disipación de energía con el cual se diseñará el proyecto. Es necesario definir el nivel de disipación de energía porque algunos requisitos de los muros de mampostería estructural reforzada o parcialmente reforzada varían dependiendo del nivel de disipación de energía con el cual se diseñaran los muros (Ver Tabla 5).

Cuando se hace click en Aceptar, DIMEST evalúa las opciones que se seleccionaron y las compara con los criterios resumidos en la Tabla 5, en caso de que algunas de las opciones no sean compatibles entre ellas (por ejemplo, seleccionar disipación de energía DES y sistema estructural de mampostería parcialmente reforzada) DIMEST mostrará un mensaje de error indicando la incongruencia seleccionada (Ver Figura 12).

Figura 12. Mensaje de incompatibilidad en las selecciones de las variables de diseño.



Fuente. DIMEST.

5.4.1.3. Sistema Estructural

En este cuadro se seleccionará el tipo de sistema estructural con el cual se diseñará el proyecto. Se presentan dos opciones, mampostería estructural de perforación vertical reforzada cubierta por el Título D.7. de la NSR-10 y mampostería estructural de perforación vertical parcialmente reforzada cubierta por el Título D.8. de la NSR-10.

Es necesario definir el tipo de sistema estructural porque algunos requisitos de diseño varían dependiendo del sistema estructural seleccionado (Ver Tabla 5).

Cuando se hace click en Aceptar, DIMEST evalúa las opciones que se seleccionaron y las compara con los criterios resumidos en la Tabla 5, en caso de que algunas de las opciones no sean compatibles entre ellas (por ejemplo, seleccionar disipación de energía DES y sistema estructural de mampostería parcialmente reforzada) DIMEST mostrará un mensaje de error indicando la incongruencia seleccionada (Ver Figura 12).

5.4.1.4. Diseño a Flexión

En el cuadro de diseño a flexión se cuenta con las siguientes opciones:

- **f_y [MPa]:** Resistencia a la fluencia del acero vertical de refuerzo.
- **ϕ_f :** Coeficiente de reducción de resistencia a la flexo compresión. Este valor viene predeterminado en 0.60 de acuerdo con D.5.1.5. (Ver Sección 3.6.3.)
- **$M_u/\phi M_{n \max}$:** Esta relación se refiere al valor máximo de la relación momento requerido / momento de diseño de acuerdo con D.5.8.3. que se utilizará en el diseño automático de muros.

5.4.1.5. Diseño a Corte

En el cuadro de diseño a corte se cuenta con las siguientes opciones:

- **f_y [MPa]:** Resistencia a la fluencia del acero horizontal de refuerzo.
- **ϕ_v :** Coeficiente de reducción de resistencia al corte. Este valor viene predeterminado en 0.60 de acuerdo con D.5.1.5. (Ver Sección 3.6.3.)
- **$V_u/\phi V_{n \max}$:** Esta relación se refiere al valor máximo de la relación cortante requerido / cortante de diseño de acuerdo con D.5.8.4. que se utilizará en el diseño automático de muros.
- **Rotula Plástica:** DIMEST incluye el chequeo de Rotula Plástica en su rutina de cálculo de resistencia a cortante del muro de mampostería estructural, pero el chequeo de rotula plástica depende directamente de la

relación entre momento nominal resistente y cortante nominal resistente de la sección el cual varia no solo por el refuerzo horizontal a corte sino también por el refuerzo vertical y las celdas con mortero de relleno, por lo tanto el diseño automático a corte del muro no se realiza cuando el chequeo de Rotula Plástica está activado y debe ser realizado directamente por el usuario en el cuadro de detallado del muro.

5.4.1.6. Elemento de Borde

En el cuadro de Elemento de Borde se cuenta con las siguientes opciones:

- **f'_c [MPa]:** Resistencia a la compresión del concreto del elemento de borde.
- **E_c [MPa]:** Modulo de elasticidad del concreto del elemento de borde.
- **Longitud Mínima Elemento de Borde [Celdas]:** Este valor se refiere a la longitud mínima que podrá tener un elemento de borde en el momento de realizar el diseño automático del muro y que este lo requiera. Como la longitud de los muros es variable se da su tamaño mínimo en términos del número de celdas que ocuparía medido longitudinalmente.
- **Longitud Máxima Elemento de Borde:** Este valor se refiere a la longitud máxima que podrá tener un elemento de borde en el momento de realizar el diseño automático del muro y que este lo requiera. Como la longitud de los muros es variable se da su tamaño máximo como el número n máximo de partes en que se podría partir el muro para ser reemplazadas por un elemento de borde. No se permiten valores inferiores o iguales a 2 ya que esto representaría que el muro está completamente hecho en concreto.
- **Máximo esfuerzo a compresión:** La norma NSR-10 en D.5.8.5. especifica los límites máximos de esfuerzo a la compresión a los que podrá estar sometido un muro de mampostería estructural antes de requerir la presencia de un elemento de borde en sus extremos (Ver Sección 3.6.10.). Estos límites máximos son dados como un porcentaje de la resistencia a la compresión de la mampostería tanto para muros de mampostería estructural reforzados y parcialmente reforzados. Aunque se tienen predeterminados estos valores de acuerdo con D.5.8.5., DIMEST permite al diseñador modificar estos porcentajes de acuerdo con su criterio.
- **Modo de Cálculo del Espesor Efectivo:** DIMEST realiza el cálculo de un muro de mampostería estructural con elemento de borde utilizando la analogía de un muro de mampostería de área equivalente o de rigidez equivalente. Para más información al respecto referirse a la Sección 5.6.

5.4.1.7. Preferencias de Diseño

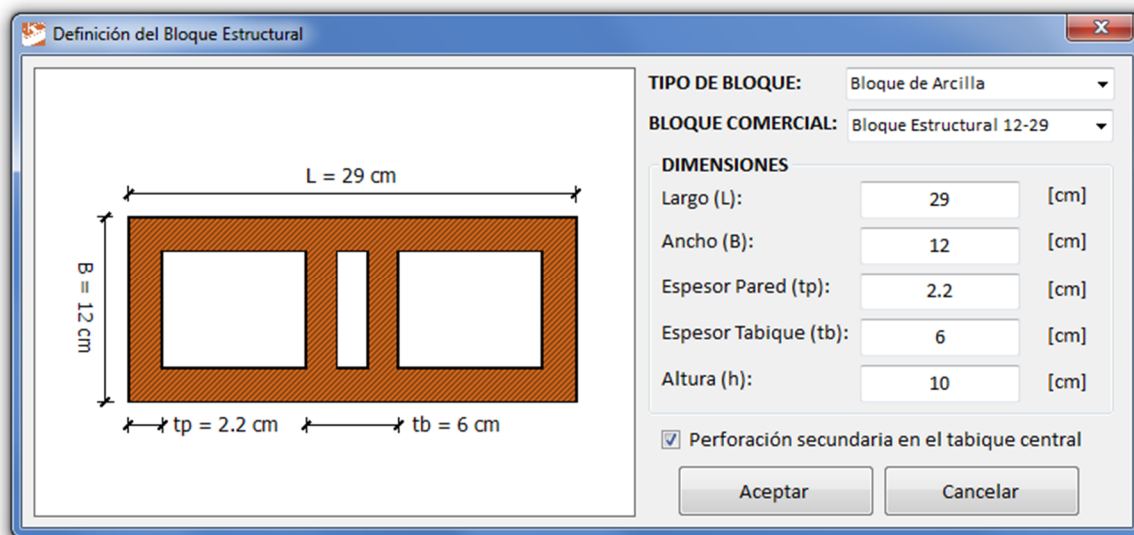
En el cuadro de Preferencias de Diseño se cuenta con las siguientes opciones:

- **Diámetro de Barra:** Aquí el usuario puede definir los diámetros mínimos y máximos a utilizar en el diseño automático de muros de mampostería.
- **Relación h/t_{ef} :** De acuerdo con D.5.4.3.1. la relación entre altura efectiva y espesor efectivo no puede ser superior a 25 en muros de mampostería estructural. DIMEST permite al diseñador modificar el valor máximo de esta relación ya que el diseño automático de muros utiliza este valor como uno de los requisitos para determinar el número de celdas llenas de los muros.
- **Altura Cimentación:** La altura de la cimentación es requerida por DIMEST para determinar la longitud de las dovelas de arranque del refuerzo vertical, este valor se verá reflejado en cantidades de obra, despieces y alzadas de muros.
- **Modo de Diseño:** En el diseño automático de muros DIMEST toma en cuenta dos principios en el momento de determinar en qué forma debe incrementar el refuerzo vertical cuando el muro así lo requiera, el primer método mantiene el número de barras pero incrementa el diámetro de las mismas de acuerdo con la necesidad, mientras que el segundo método mantiene el diámetro de las barras pero incrementa su cantidad de acuerdo con la necesidad.

5.4.2. Bloque Estructural

La ventana de Bloque Estructural (Ver Figura 13) permite al usuario modificar el tipo de bloque y sus dimensiones de acuerdo con las necesidades del proyecto:

Figura 13. Ventana de definición del Bloque Estructural

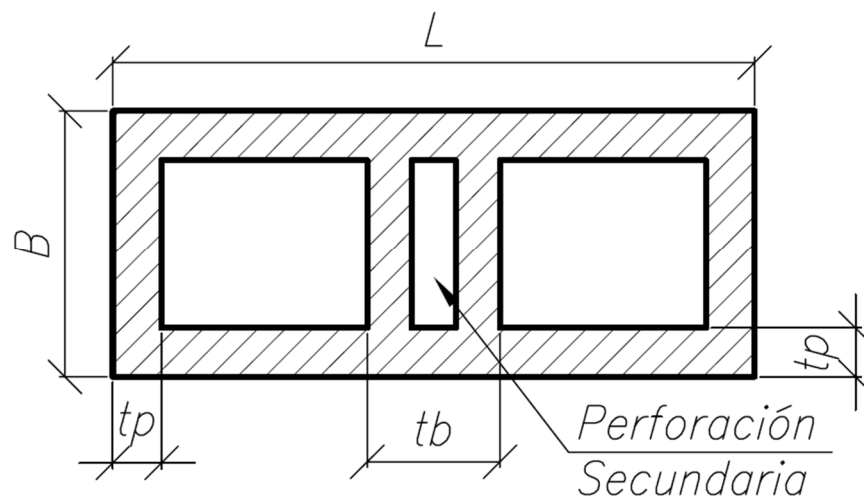


Fuente. DIMEST.

Las opciones con las que se cuenta para modificar el bloque de mampostería estructural son:

- **Tipo de bloque:** Aquí se define si el bloque de mampostería estructural de perforación vertical que se utilizara en el proyecto es de arcilla o concreto.
- **Bloque Comercial:** De acuerdo con el tipo de bloque seleccionado DIMEST ofrece una serie de opciones de bloques comerciales que el usuario puede evaluar. En caso de que el bloque no se encuentre en la base de datos se puede modificar sus dimensiones con las siguientes opciones.
- **Largo (L) [cm]:** Dimensión longitudinal del bloque estructural (Ver Figura 14).
- **Ancho (B) [cm]:** Dimensión transversal del bloque estructural (Ver Figura 14).
- **Espesor Pared (tp) [cm]:** Espesor de las paredes que rodean las celdas del bloque estructural (Ver Figura 14).
- **Espesor Tabique (tb) [cm]:** Espesor de la pared central que divide las celdas (Ver Figura 14).
- **Altura (h) [cm]:** Altura del bloque estructural.
- **Perforación secundaria en el tabique central:** Perforación secundaria en el tabique central del bloque que no lleva mortero de relleno ni refuerzo. DIMEST advierte que al activar esta opción no se podrá conseguir un espesor equivalente de valor B así se llenen todas las celdas del muro estructural.

Figura 14. Dimensiones del Bloque Estructural.



Fuente. Autor.

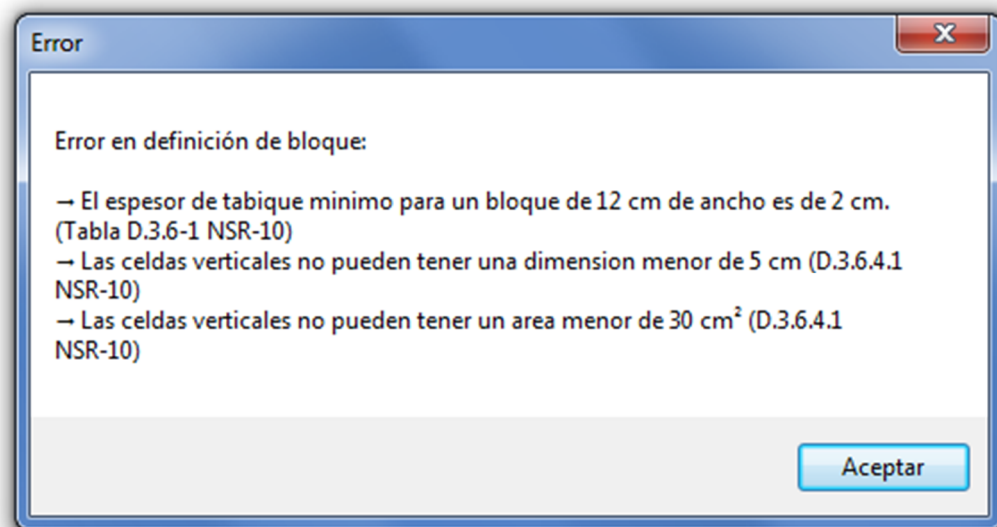
Conforme el usuario varia cualquiera de las dimensiones del bloque estructural, DIMEST actualiza la ventana de visualización del bloque estructural con las medidas reales definidas por el usuario.

En el momento de dar click en el botón Aceptar, DIMEST realiza un chequeo de las dimensiones del bloque de acuerdo con los requerimientos de D.3.6.4.

- El área de las celdas verticales de la pieza de mampostería en posición normal, no puede ser mayor que el 65% del área de la sección transversal.
- Las celdas verticales u horizontales continuas en donde se coloque refuerzo no pueden tener una dimensión menor de 50 mm, ni menos de 3000 mm² de área.
- Las paredes externas e internas no pueden tener un espesor menor que el establecido en la tabla D.3.6-1. De la NSR-10 (Ver Tabla 2)
- Las unidades de perforación vertical en arcilla cocida pueden tener perforaciones secundarias en las paredes, distintas a las celdas principales y paralelas a ellas. Estas perforaciones en las paredes no pueden tener una dimensión transversal mayor de 20 mm ni pueden estar a menos de 10 mm del borde de la pared perforada.

En caso de que no se cumpla con alguno de estos requerimientos DIMEST mostrara un mensaje de error con los diferentes problemas que se presentan (Ejemplo en Figura 15)

Figura 15. Ejemplo de error en definición del bloque estructural.



Fuente. DIMEST.

Si el bloque estructural no presenta ningún error en sus dimensiones, DIMEST mostrará la siguiente advertencia:

“Al presionar Aceptar se redistribuirán las dimensiones de los muros con los nuevos tamaños de bloque y se perderán todas las modificaciones y diseños realizados. ¿Desea continuar?”

Al realizar cualquier cambio en las dimensiones del bloque estructural, DIMEST tomará nuevamente las longitudes del muro del modelo y aproximará nuevamente al número de celdas que más se aproxime a la dimensión del modelo.

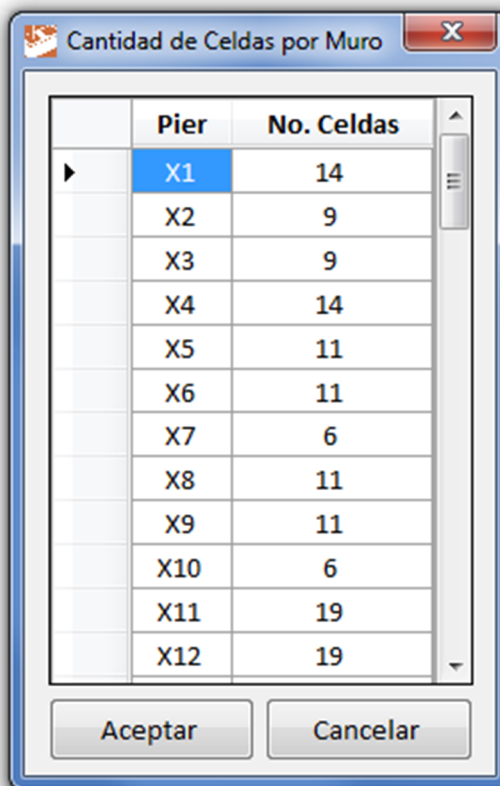
Esta nueva distribución borrará cualquier diseño, refuerzo o relleno de celdas que se haya realizado con anterioridad a esta modificación y lo reemplazará por el refuerzo mínimo de norma de acuerdo con el sistema estructural seleccionado en las variables de diseño. Es por este motivo que se recomienda realizar la definición del bloque antes de realizar cualquier diseño o modificación de los muros.

5.4.3. Cantidad de Celdas por Muro

Una vez realizada la definición del bloque estructural, DIMEST realizará la redistribución de las dimensiones de los bloques en los muros del modelo estructural. Cuando hay cruces de muros perpendiculares entre ellos es bastante común que la medida del modelo varíe respecto a la real ya que la medida del muro en el modelo se toma a eje y no tiene en cuenta la superposición de los muros en los cruces, es por este motivo que el usuario debe revisar la cantidad de celdas que DIMEST está asignando a cada muro para así poder conseguir un diseño acorde con la verdadera longitud del muro y para que los despieces, cantidades, alzadas y plantas estructurales sean lo más precisos posibles.

La ventana de Cantidad de Celdas por Muro (Ver Figura 16) permite al usuario modificar la cantidad de celdas asignadas a cada muro. Al igual que con la definición del bloque estructural, el modificar la cantidad de celdas de un muro borra el diseño, refuerzo y celdas con mortero de relleno para todos los pisos de ese muro y lo reemplazará por el refuerzo mínimo de norma de acuerdo con el sistema estructural seleccionado en las variables de diseño, por este motivo se recomienda realizar este chequeo antes de realizar algún diseño o modificación en los muros.

Figura 16. Ventana de Cantidad de Celdas por Muro



	Pier	No. Celdas
▶	X1	14
	X2	9
	X3	9
	X4	14
	X5	11
	X6	11
	X7	6
	X8	11
	X9	11
	X10	6
	X11	19
	X12	19

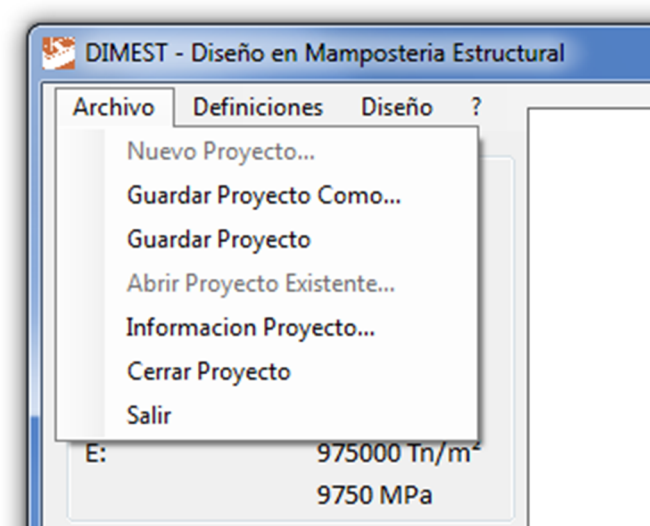
Fuente. DIMEST.

5.5. MENÚ DE ARCHIVO EN PROYECTO

Una vez se ha iniciado un nuevo proyecto o se ha cargado uno existente se habilitan nuevas opciones en el menú de archivo (Ver Figura 17) como lo son:

- Guardar Proyecto Como... / Guardar Proyecto
- Información Proyecto...
- Cerrar Proyecto

Figura 17. Menú de Archivo en Proyecto



Fuente. DIMEST.

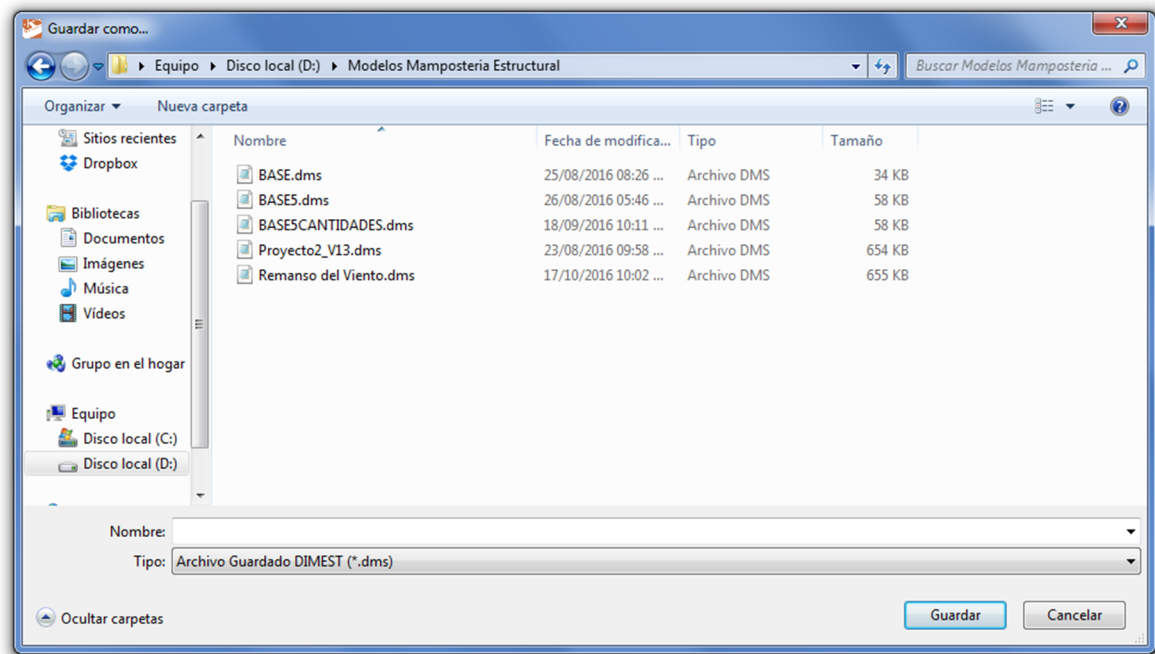
5.5.1. Guardar Proyecto Como... / Guardar Proyecto

DIMEST permite al usuario generar un archivo de guardado (*.dms) el cual contiene la siguiente información del proyecto:

- Geometría y propiedades del modelo estructural leído.
- Solicitaciones actuantes sobre los muros.
- Variables de diseño.
- Definición del bloque estructural.
- Distribución de refuerzo vertical, horizontal y elementos de borde definidos para cada muro estructural.
- Información del proyecto (cliente, diseñador...).

En la opción "Guardar Proyecto Como..." o "Guardar Proyecto" DIMEST preguntara al usuario donde desea generar el archivo de guardado del proyecto (*.dms) (Ver Figura 18).

Figura 18. Generar archivo de guardado de proyecto DIMEST (*.dms)



Fuente. DIMEST.

5.5.2. Información del Proyecto...

En la opción “Información Proyecto...” se realizan las siguientes definiciones (Ver Figura 19):

- Nombre del Proyecto
- Código del Proyecto
- Nombre del Cliente
- Empresa Diseñadora
- Ingeniero Diseñador
- Ingeniero Revisor

Esta información será utilizada en las páginas de presentación de memorias de diseño y de reportes de cantidades de obra.

Figura 19. Ventana de Información del Proyecto.

Información del Proyecto

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Proyecto: Nombre Proyecto

Codigo del Proyecto: OBXXXX

Nombre del Cliente: Nombre Cliente

INFORMACIÓN DEL DISEÑADOR

Empresa Diseñadora: Empresa Diseñadora

Ingeniero Diseñador: Ingeniero Diseñador

Ingeniero Revisor:

Aceptar Cancelar

Fuente. DIMEST.

5.5.3. Cerrar Proyecto

Al seleccionar la opción “Cerrar Proyecto”, DIMEST se reiniciará perdiendo toda la información del proyecto en el que se estaba trabajando y quedará en la Ventana de Inicio (Arranque).

5.6. VENTANA DE INFORMACIÓN DETALLADA DEL MURO

La ventana de información detallada del muro (Ver Figura 20) es una de las herramientas más útil e informativa de DIMEST, en ella el usuario puede:

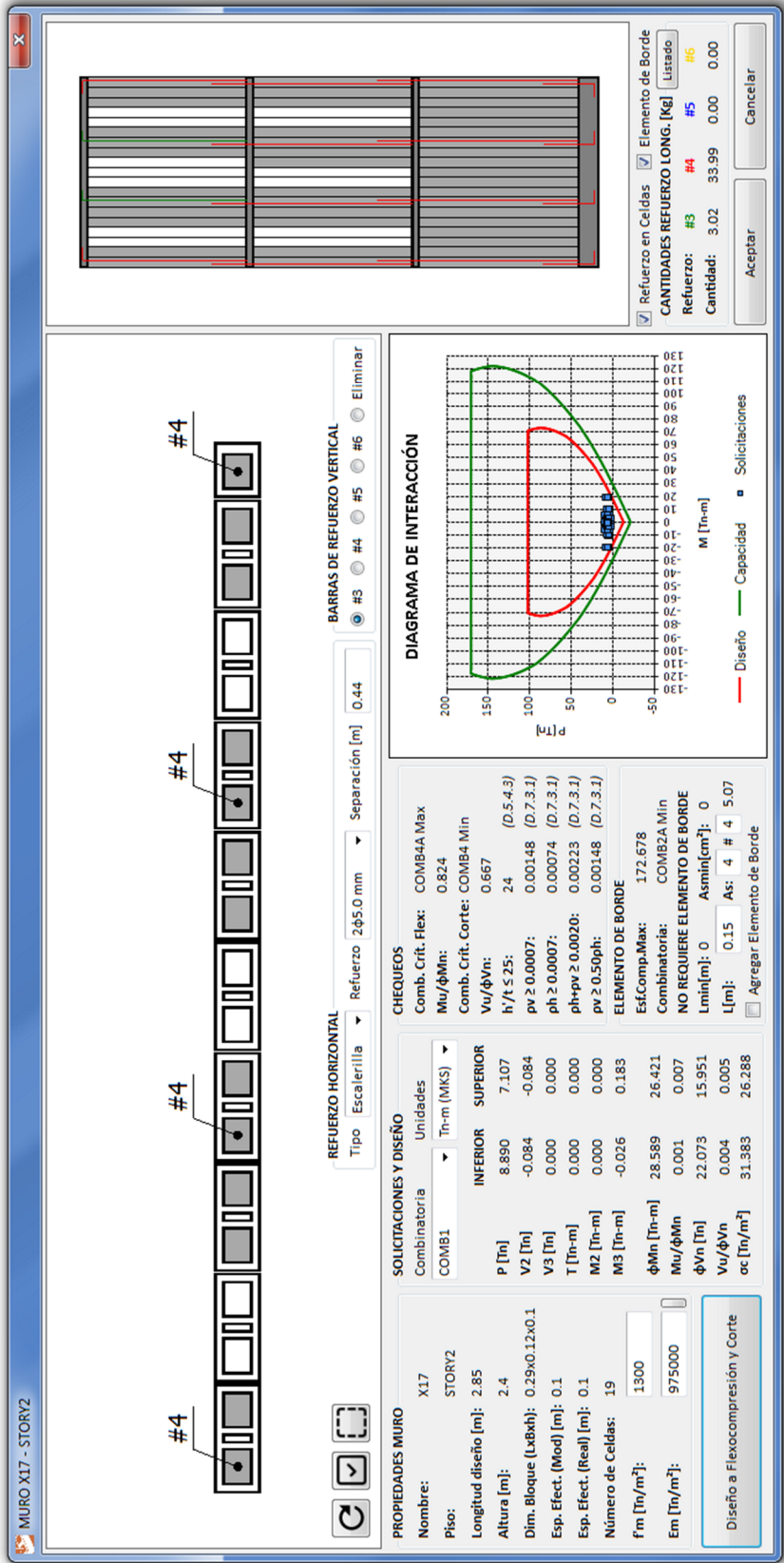
- Modificar las celdas que llevan mortero de relleno.
- Modificar el refuerzo vertical del muro.
- Modificar el refuerzo horizontal del muro (Tipo, diámetro, separación)
- Ver las propiedades geométricas del muro.
- Modificar la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del muro.
- Observar las solicitaciones de diseño para cada combinación de carga.
- Calcular el momento nominal resistente, cortante nominal resistente, esfuerzo máximo a la compresión e índices de sobreesfuerzo para cada combinación de carga con la configuración de refuerzo vertical y horizontal definida por el usuario.

- Identificar las combinaciones críticas a flexión y corte y sus respectivos índices de sobreesfuerzo.
- Realizar los chequeos de cuantías de refuerzo vertical y horizontal según el sistema estructural seleccionado.
- Evaluar la necesidad de elementos de borde en los extremos del muro, y en caso de necesitarlos la dimensión mínima y cantidad de acero necesaria.
- Asignar elementos de borde de dimensiones y refuerzo definidos por el usuario.
- Evaluar el Diagrama de Interacción del muro en cada sentido con la configuración de refuerzo vertical suministrada por el usuario y observar el comportamiento de las solicitaciones que actúan sobre el muro.
- Observar la alzada completa del muro estructural con los refuerzos modificados por el usuario en tiempo real para así identificar rápidamente la continuidad de celdas con mortero de relleno y refuerzos verticales.
- Obtener cantidades (en peso) y listados de refuerzos discriminados por tipo de barra del refuerzo vertical del muro estructural, actualizándose en tiempo real con las modificaciones hechas por el usuario.
- Realizar el diseño automático a flexo compresión y corte de todo el muro estructural.

La ventana de información detallada del muro se encuentra compuesta por ocho secciones diferenciadas de la siguiente forma:

- Vista en planta del muro.
- Propiedades del muro.
- Diagrama de interacción.
- Solicitaciones y diseño.
- Chequeos.
- Elemento de Borde.
- Alzada del muro.
- Diseño a flexo compresión y corte.

Figura 20. Ventana de información detallada del muro.

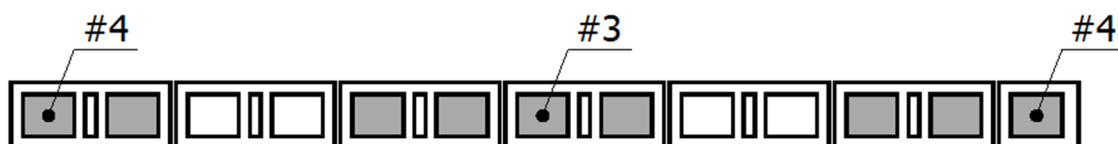


Fuente. DIMEST.

5.6.1. Vista en planta del muro

En la vista en planta del muro se tiene una representación con dimensiones reales del muro estructural (Ver Figura 21), el bloque estructural dibujado (incluyendo espesor de paredes, tamaño de celdas, perforaciones secundarias,...) corresponde a las medidas definidas por el usuario en la definición del bloque estructural (Ver Sección 5.4.2.).

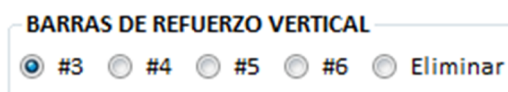
Figura 21. Ejemplo de vista en planta del muro.



Fuente. DIMEST.

En esta vista el usuario puede interactuar directamente con el refuerzo vertical y las celdas con mortero de relleno. Para agregar (o eliminar) el mortero de relleno de una celda basta con hacer click izquierdo sobre ella, del mismo modo, para agregar (o modificar/eliminar) una barra de refuerzo vertical basta con hacer click derecho sobre la celda donde se desea agregar el refuerzo. La definición del refuerzo vertical que se está agregando se hace seleccionando previamente el diámetro de barra en la sección de “Barras de refuerzo vertical” (Ver Figura 22).

Figura 22. Barras de refuerzo vertical.



Fuente. DIMEST.

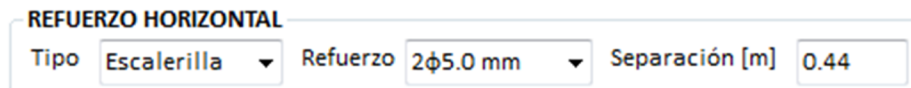
Si se desea modificar una barra de refuerzo vertical existente se debe primero seleccionar el nuevo diámetro de barra en la sección de “Barras de refuerzo vertical” y luego hacer click derecho sobre la barra que se desea modificar; si se selecciona “Eliminar” se eliminara la barra sobre la que se haga click derecho.

Nota: Toda barra de refuerzo vertical debe llevar su respectiva celda con mortero de relleno, DIMEST automáticamente rellena la celda una vez se adiciona un refuerzo vertical.

En esta ventana también se puede modificar el refuerzo horizontal del muro, en la sección de “Refuerzo horizontal” (Ver Figura 23) se puede escoger:

- **Tipo:** DIMEST permite al usuario escoger entre refuerzo horizontal en escalerilla o en bloque viga.
- **Refuerzo:** Para refuerzo en escalerilla se pueden seleccionar diámetros de grafites entre 4.00 mm y 5.00 mm los cuales son los únicos permitidos de acuerdo con D.4.2.2.2. En el caso de utilizar refuerzo en Bloque Viga se puede seleccionar diámetros de barras de #3 - #6.
- **Separación [m]:** El usuario puede modificar la separación vertical del refuerzo horizontal según su criterio, DIMEST automáticamente aproxima la separación ingresada por el usuario a la más cercana dependiendo de la altura del bloque con el fin de tener separaciones reales de refuerzo. DIMEST además chequea el refuerzo ingresado con los límites máximos dependiendo del sistema estructural y tipo de refuerzo seleccionado (Ver Tabla 5).

Figura 23. Selección del refuerzo horizontal



REFUERZO HORIZONTAL

Tipo Escalerilla Refuerzo 2φ5.0 mm Separación [m] 0.44




Fuente. DIMEST.

El modificar las celdas con mortero de relleno o el refuerzo vertical/horizontal del muro en cualquier de sus celdas actualiza automáticamente los cálculos de momento nominal resistente, cortante nominal resistente, índices de sobreesfuerzo, chequeos de cuantías, diagrama de interacción, alzada del muro, despiece y listado de refuerzos.

Como ya se dijo al inicio, el objetivo de esta ventana es permitir al usuario interactuar directamente con el muro estructural que está diseñando, cuando se diseña un muro en ETABS 2015 (o programas similares) se supone un espesor equivalente (el usuario debe calcular cuantas celdas debe llenar para lograr este espesor equivalente) y un refuerzo uniforme distribuido (se puede suponer una configuración de refuerzo diferente pero debe hacerse manualmente en otra rutina del programa). Luego el usuario debe manualmente distribuir este refuerzo y las celdas llenas de tal forma que tenga una continuidad de relleno y refuerzo en todos los pisos del muro.

DIMEST permite al usuario llenar las celdas según su criterio e inmediatamente conocer que espesor equivalente de muro tiene (Ver sección 5.6.2.), o igualar el espesor equivalente utilizado en el modelo estructural de forma automática realizando el diseño del muro (Ver sección 5.6.8.). De igual forma el usuario puede modificar los refuerzos verticales y horizontales de forma rápida y conocer de inmediato si está cumpliendo con los diseños a flexo compresión y corte (O puede realizar el diseño automático del muro a flexo compresión y corte, ver sección 5.6.8.), o con los requerimientos extra del sistema estructural utilizado, además con la vista en alzada del muro (Ver sección 5.6.7.) el usuario puede verificar la continuidad del mortero de relleno y refuerzo de forma inmediata sin necesidad de estar pasando a otros pisos a evaluarla.

Además de la ventana de vista en planta del muro se cuenta con los siguientes componentes:

	Actualizar. Actualiza las vistas en planta y alzada del muro estructural.
	Celdas llenas. Atajo que llena todas las celdas del muro estructural con mortero de relleno.
	Celdas vacías. Atajo que elimina el mortero de relleno de todas las celdas que no tengan refuerzo vertical.

5.6.2. Propiedades del muro

En el cuadro de Propiedades del muro (Ver Figura 24) se cuenta con la siguiente información:

- **Nombre:** Nombre del pier que fue asignado a este muro en el modelo de análisis estructural.
- **Piso:** Nombre del nivel del muro estructural que se está evaluando. Este nombre corresponde al dado al nivel en el modelo de análisis estructural.
- **Longitud de Diseño [m]:** Esta longitud corresponde a la longitud del muro que se está utilizando en los diseños y que es calculada según la cantidad de celdas del muro y la longitud definida del bloque estructural ($L_{\text{diseño}}$). No corresponde a la longitud del muro en el modelo de análisis estructural.
- **Altura [m]:** Altura real del muro de mampostería estructural, calculada como la altura de piso definida en el modelos de análisis menos la altura de vigas de entrepiso definida en la ventana de inicio (Ver sección 5.3.3.)

- **Dimensión del Bloque:** Dimensiones del bloque estructural definidas en la ventana de “Bloque Estructural” (Ver sección 5.4.2.)
- **Espesor Efectivo (Modelo) [m]:** Espesor del muro estructural según su definición en el modelo de análisis.
- **Espesor Efectivo (Real) [m]:** Espesor efectivo real del muro estructural tomando en cuenta las dimensiones reales de celdas y la cantidad de celdas con mortero de relleno del muro.

Se define el espesor efectivo real del muro (t_{ef}) por medio de la siguiente ecuación:

$$t_{ef} = \frac{A_{nbl} \times \text{Numero Bloques} + A_{cel} \times \text{Numero Celdas Llenas} + \text{Juntas}}{L_{diseño}}$$

A_{nbl} : Área neta solida del bloque estructural

A_{cel} : Área de celda

$L_{diseño}$: Longitud de diseño

- **Numero de celdas:** Numero de celdas del muro de mampostería estructural según fue definido en la ventana de “Cantidad de Celdas por Muro” (Ver sección 5.4.3.)
- **f'_m (Unidades consistentes):** Resistencia a la compresión de la mampostería estructural. Este valor viene predeterminado por la resistencia a la compresión del material asociado al muro en el modelo de análisis estructural, DIMEST permite al usuario modificar este valor para realizar el chequeo del muro con diferentes características de los materiales.
- **E_m (Unidades consistentes):** Modulo de elasticidad de la mampostería estructural. Este valor viene predeterminado por el módulo de elasticidad del material asociado al muro en el modelo de análisis estructural, DIMEST permite al usuario modificar este valor para realizar el chequeo del muro con diferentes características de los materiales.

Al lado derecho de esta propiedad se tiene un botón que calcula automáticamente el módulo de elasticidad basándose en la resistencia a la compresión de la mampostería utilizando la ecuación D.5.2-2 o D.5.2-3 según el tipo de bloque utilizado (Ver sección 3.6.5.)

Figura 24. Propiedades del muro

PROPIEDADES MURO	
Nombre:	X17
Piso:	STORY2
Longitud diseño [m]:	2.85
Altura [m]:	2.4
Dim. Bloque (LxBxh):	0.29x0.12x0.1
Esp. Efect. (Mod) [m]:	0.1
Esp. Efect. (Real) [m]:	0.1
Número de Celdas:	19
$f'm$ [Tn/m ²]:	<input type="text" value="1300"/>
E_m [Tn/m ²]:	<input type="text" value="975000"/>

Fuente. DIMEST.

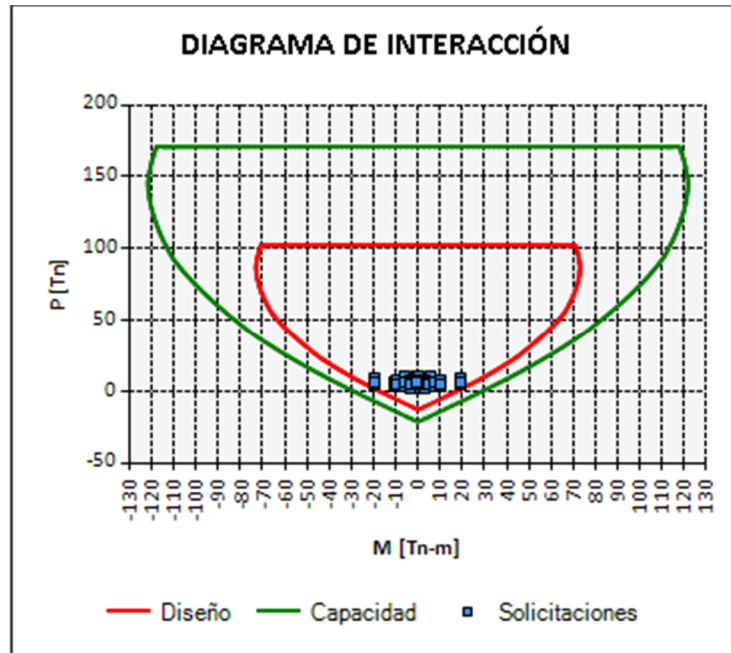
5.6.3. Diagrama de interacción.

DIMEST construye el diagrama de interacción para el muro estructural (Ver Figura 25) teniendo en cuenta el espesor efectivo real del muro y la posición exacta del refuerzo vertical. El diagrama de interacción se construye en ambas direcciones del muro con el fin de tener en cuenta el comportamiento del muro cuando el refuerzo no es simétrico o se concentra hacia los extremos del muro, es común calcular los diagramas de interacción con distribuciones uniformes de refuerzo pero en la realidad es difícil lograr este tipo de distribuciones ya que es necesario coordinar la posición de las barras con los pisos superiores y esto lleva al desplazamiento de las mismas, o es necesario desplazar una barra para que coincida con la intersección de un muro perpendicular o simplemente es necesario dejar una celda vacía y sin refuerzo por requisitos constructivos.

Para la construcción del diagrama de interacción se parte de las siguientes suposiciones de diseño:

- **Resistencia a la tracción de la mampostería.** La mampostería no resiste esfuerzos de tracción. (NSR-10 D.5.1.6.1.)
- **Compatibilidad de deformaciones.** El refuerzo está totalmente rodeado y adherido a los materiales de la mampostería de una manera tal, que trabajan como un material homogéneo. (NSR-10 D.5.1.6.2.)

Figura 25. Diagrama de Interacción



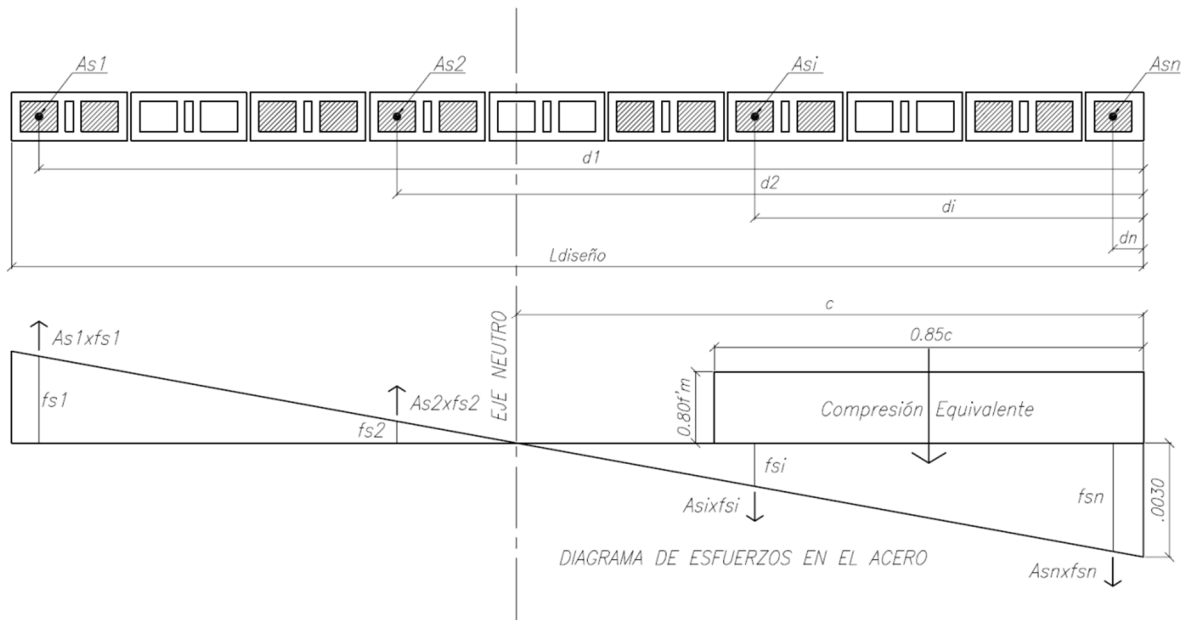
Fuente. DIMEST.

- **Secciones planas permanecen planas.** Las deformaciones unitarias en el refuerzo y en la mampostería deben suponerse proporcionales a la distancia al eje neutro de la sección. (NSR-10 D.5.1.6.3.)
- **Relación esfuerzo deformación para el acero de refuerzo.** Los esfuerzos en el acero, para valores menores que el esfuerzo de fluencia, f_y , deben considerarse linealmente proporcionales a la deformación unitaria multiplicada por E_s . Para valores superiores de deformación unitaria correspondiente al esfuerzo de fluencia, $\epsilon_y = f_y / E_s$, el esfuerzo en el acero se debe considerar independiente de la deformación e igual a f_y . (NSR-10 D.5.1.6.4.)
- **Deformación unitaria máxima en la mampostería.** La máxima deformación unitaria en la fibra extrema en compresión de la mampostería, ϵ_{mu} , debe tomarse como 0.003. (NSR-10 D.5.1.6.5.)
- **Relación esfuerzo-deformación para la mampostería.** En el diseño por el método de resistencia puede considerarse una distribución rectangular de esfuerzos de compresión en la mampostería definida de la siguiente forma:
 - Se puede suponer un esfuerzo uniforme de compresión en la mampostería con intensidad de $0.80f'_m$ sobre una zona equivalente limitada por los bordes de la sección efectiva y una línea recta paralela al eje neutro de la sección. (NSR-10 D.5.1.6.6.a.)

- La dimensión de la zona equivalente de compresión, a , medida en dirección perpendicular al eje neutro a partir de la fibra de máxima compresión, debe ser el 85% de la dimensión comprimida, c , de la sección en esa dirección ($a = 0.85c$). (NSR-10 D.5.1.6.6.b.)

Con base en estas suposiciones se puede construir un diagrama de esfuerzos a compresión y tracción en el acero de refuerzo y en el muro de mampostería (Ver Figura 26).

Figura 26. Diagrama de esfuerzos en el acero y la mampostería.



Fuente. Autor.

Por relación de triángulos se tendría que el esfuerzo en el acero de refuerzo (f_{si}) para una barra ubicada a d_i de la fibra extrema a compresión sería:

$$f_{si} = 0.0030 \left(\frac{d_i - c}{c} \right) E_s \leq f_y$$

El valor del bloque de compresión equivalente (C) sería:

$$C = (0.80f'_m)(0.85c)t_{ef} = 0.68 f'_m c t_{ef}$$

Por sumatoria de fuerzas verticales se puede obtener el valor de la resistencia nominal de la sección P_n por medio de la siguiente expresión:

$$P_n = 0.68 f'_m c t_{ef} - \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si}$$

Por sumatoria de momentos alrededor del centro del muro se puede obtener el momento nominal resistente de la sección M_n por medio de la siguiente expresión:

$$M_n = 0.68 f'_m c t_{ef} \left(\frac{L_{diseño}}{2} - \frac{0.85c}{2} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si} \left(d_i - \frac{L_{diseño}}{2} \right)$$

De acuerdo con D.5.5-3. la resistencia nominal para carga axial de compresión P_n , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, no puede ser mayor que:

$$P_n = 0.80 P_o R_e \quad (D.5.5-3)$$

Donde P_o es la máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad, la cual se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_o = 0.80 f'_m (A_e - A_{st}) + A_{st} f_y \leq f'_m A_e \quad (D.5.5-1)$$

Y R_e es el factor de reducción de resistencia nominal para carga axial por efectos de esbeltez:

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{42t} \right]^2 \quad \text{para } h'/t \leq 30$$

$$R_e = \left[\frac{21t}{h'} \right]^2 \quad \text{para } h'/t > 30$$

Estos valores de carga y momento nominal resistente (P_n y M_n) del muro de mampostería estructural fueron obtenidos suponiendo un valor de profundidad del eje neutro “c”, si variamos el valor de la profundidad del eje neutro podremos obtener diferentes valores de P_n y M_n , esta colección de puntos (M_n , P_n) son los que componen el diagrama de interacción del muro.

El diagrama de interacción obtenido corresponde al diagrama nominal resistente (capacidad), para obtener el diagrama de interacción de diseño se deben multiplicar los valores obtenidos por sus respectivos coeficientes de reducción de resistencia ϕ (Ver sección 3.6.3.)

El diagrama de flujo para la construcción del diagrama de interacción se puede consultar en el Anexo A de este documento.

5.6.4. Solicitaciones y diseño.

El cuadro de “Solicitaciones y Diseño” (Ver Figura 27) se encuentra compuesto por:

- **Combinatoria:** En este menú desplegable se puede escoger cualquiera de las combinatorias que fueron leídas del modelo de análisis estructural. Todos los valores que se encuentran a continuación corresponden a esta combinación de carga seleccionada.
- **Unidades:** DIMEST permite escoger entre dos sistemas de unidades, Tn-m y kN-m. Este sistema de unidades afecta a todos los resultados de la ventana de información detallada del muro.
- **P (Unidades consistentes):** Carga axial en la parte superior e inferior del muro para la combinatoria seleccionada.
- **V2 (Unidades consistentes):** Cortante paralelo al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **V3 (Unidades consistentes):** Cortante perpendicular al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **T (Unidades consistentes):** Momento torsor en la parte superior e inferior del muro para la combinatoria seleccionada.
- **M2 (Unidades consistentes):** Momento alrededor del eje paralelo al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **M3 (Unidades consistentes):** Momento alrededor del eje perpendicular al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **ϕM_n (Unidades consistentes):** Momento de diseño de la sección para la combinación seleccionada.
- **$M_u/\phi M_n$:** Relación entre el momento requerido y el momento de diseño de la sección para la combinatoria seleccionada.
- **ϕV_n (Unidades consistentes):** Cortante de diseño de la sección para la combinación seleccionada.
- **$V_u/\phi V_n$:** Relación entre el cortante requerido y el cortante de diseño de la sección para la combinatoria seleccionada.
- **σ_c (Unidades consistentes):** Valor del esfuerzo en la fibra extrema a compresión para la combinatoria seleccionada.

Figura 27. Cuadro de Solicitaciones y Diseño.

SOLICITACIONES Y DISEÑO		
Combinatoria	Unidades	
COMB1	Tn-m (MKS)	
	INFERIOR	SUPERIOR
P [Tn]	8.890	7.107
V2 [Tn]	-0.084	-0.084
V3 [Tn]	0.000	0.000
T [Tn-m]	0.000	0.000
M2 [Tn-m]	0.000	0.000
M3 [Tn-m]	-0.026	0.183
ϕM_n [Tn-m]	28.589	26.421
$M_u/\phi M_n$	0.001	0.007
ϕV_n [Tn]	22.073	15.951
$V_u/\phi V_n$	0.004	0.005
σ_c [Tn/m ²]	31.383	26.288

Fuente. DIMEST.

5.6.4.1. Cálculo del momento nominal resistente de la sección (M_n).

De acuerdo con D.5.8.3. el valor de M_n se obtiene teniendo en cuenta la interacción entre momento y carga axial, los cuales permiten calcular un diagrama de interacción del muro, empleando el coeficiente de reducción de resistencia apropiado.

Para el cálculo del momento resistente de la sección partimos de las mismas ecuaciones y suposiciones de diseño utilizadas en el cálculo del diagrama de interacción de la sección (Ver sección 5.6.3. y Figura 26).

El momento resistente M_n y la relación $M_u/\phi M_n$ deben calcularse para cada combinación de carga ya que cada combinación presenta un valor de carga axial y momento diferente y por lo tanto deben evaluarse independientemente.

Partiendo de la ecuación D.5.5-4. Se tiene:

$$P_u \leq \phi P_n$$

Y del desarrollo de las ecuaciones para construir el diagrama de interacción se tiene:

$$P_n = 0.68 f'_m c t_{ef} - \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si}$$

Lo cual también se puede escribir como:

$$\frac{P_u}{\phi} = 0.68 f'_m c t_{ef} - \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si}$$

La parte izquierda de la formula la tenemos definida ya que es la carga axial de diseño de la combinatoria que estamos evaluando dividida por el factor de reducción de resistencia adecuado. Para conseguir que la parte derecha de la ecuación tenga el mismo valor debemos iterar para diferentes valores de profundidad del eje neutro “c” hasta conseguir la igualdad entre los dos términos de la ecuación.

Una vez se ha determinado el valor de profundidad del eje neutro que da equilibrio a la ecuación se puede calcular el momento resistente utilizando la ecuación:

$$M_n = 0.68 f'_m c t_{ef} \left(\frac{L_{diseño}}{2} - \frac{0.85c}{2} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si} \left(d_i - \frac{L_{diseño}}{2} \right)$$

Si no se puede conseguir el equilibrio de la ecuación de carga axial para ningún valor de “c”, DIMEST reportara el valor de M_n como No Calculado (“N.C.”)

El diagrama de flujo para el cálculo del momento nominal resistente de la sección (M_n) se puede consultar en el Anexo A de este documento.

5.6.4.2. Cálculo del cortante nominal resistente de la sección (V_n)

De acuerdo con D.5.8-5, el cortante nominal resistente de una sección se puede definir como:

$$V_n = V_m + V_s$$

Donde V_m es el cortante resistido por la mampostería y V_s es el cortante resistido por el refuerzo horizontal.

Al igual que con M_n , el cortante nominal resistente debe ser calculado para cada combinación de carga ya que V_m y el valor máximo de V_n dependen de la relación $\frac{M_u}{V_u d}$ (Ver sección 3.6.9.)

En primer lugar se debe calcular el cortante resistido por la mampostería V_m ya que si el cortante de diseño V_u es mayor que ϕV_m , el cortante de diseño debe ser resistido completamente por el refuerzo horizontal (V_s).

El cortante nominal resistido por la mampostería, V_m , se calcula utilizando las expresiones dadas en la tabla D.5.8-2 de la NSR-10 (Ver Tabla 3)

Tabla 3. Valor del cortante nominal resistido por la mampostería, V_m

$\frac{M_u}{V_u d}$	V_m
$\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$	$V_m = 0.30 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25P_u$
$0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$	$V_m = \left[0.33 - 0.13 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25P_u$
$\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$	$V_m = 0.20 A_{mv} \sqrt{f'_m} + 0.25P_u$

Fuente: Tabla D.5.8-2. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

Si $V_u > \phi V_n$ el cortante nominal resistente se compondrá únicamente del cortante resistido por el refuerzo horizontal ($V_n = V_s$) de lo contrario se podrá contar con el aporte de la mampostería al cortante nominal resistente ($V_n = V_m + V_s$).

El cortante nominal resistido por el refuerzo horizontal de cortante, V_s , se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$V_s = \rho_n f_y A_{mv} \quad (D.5.8-7)$$

ρ_n es la cuantía del refuerzo que contribuye a resistir la fuerza cortante, calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$\rho_n = A_v \eta / s b \quad (D.5.8-8)$$

A_v es el área de refuerzo horizontal que resiste cortante, espaciado una separación s .

Cuando el refuerzo horizontal es colocado en escalerilla en las juntas de los bloques de mampostería se puede tomar el factor de eficiencia del refuerzo horizontal (η) como 0.35, cuando se utiliza bloque viga el valor de η es 0.70.

Una vez se ha calculado el valor preliminar de V_n se debe comparar con el valor máximo permitido por norma, el cual no puede exceder los valores dados en la tabla D.5.8-3 de la NSR-10 (Ver Tabla 4)

Tabla 4. Valores máximos para el cortante nominal, V_n

$\frac{M_u}{V_u d}$	Máximo valor permitido para V_n
$\frac{M_u}{V_u d} \leq 0.25$	$0.50 A_{mv} \sqrt{f'_m}$
$0.25 < \frac{M_u}{V_u d} < 1.00$	$\left[0.56 - 0.23 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m}$
$\frac{M_u}{V_u d} \geq 1.00$	$0.33 A_{mv} \sqrt{f'_m}$

Fuente: Tabla D.5.8-3. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10)

Si el chequeo de rotula plástica está activado se debe hacer un chequeo extra del cortante nominal resistente. Si la siguiente relación se cumple:

$$V_n \geq \frac{M_n}{h}$$

No se podrá tener en cuenta el aporte de la mampostería estructural al cortante resistente (en caso de que haya sido tenido en cuenta) y la separación máxima del refuerzo horizontal se reduce a máximo tres veces el espesor nominal del muro (3B). Solo afecta la base del muro.

El diagrama de flujo para el cálculo del cortante nominal resistente de la sección (V_n) se puede consultar en el Anexo A de este documento.

5.6.4.3. Esfuerzo a la compresión (σ_c)

Para el cálculo del esfuerzo máximo en la fibra extrema a compresión se utilizará la siguiente expresión:

$$\sigma_c = \frac{1}{t_{ef} L_{diseño}} \left[P_u + \frac{6 M_u}{L_{diseño}} \right]$$

El máximo esfuerzo a compresión será de utilidad para determinar la necesidad de elemento de borde en el muro de mampostería estructural (Ver sección 5.6.6.)

5.6.5. Chequeos

El cuadro de “Chequeos” (Ver Figura 28) se encuentra compuesto por:

- **Combinación Crítica a Flexión:** DIMEST evalúa la sección de mampostería estructural definida por el usuario en la ventana de “Vista en planta del muro” para todas las combinaciones de diseño definidas por el usuario (Ver sección 5.4.1.1.) y reporta como combinación crítica a flexión aquella con el mayor valor de la relación entre momento requerido y momento de diseño.
- **$M_u/\phi M_n$ Crítica:** Relación entre momento requerido y momento de diseño para la combinación crítica a flexión.
- **Combinación Crítica a Corte:** DIMEST evalúa la sección de mampostería estructural definida por el usuario en la ventana de “Vista en planta del muro” para todas las combinaciones de diseño definidas por el usuario (Ver sección 5.4.1.1.) y reporta como combinación crítica a corte aquella con el mayor valor de la relación entre cortante requerido y cortante de diseño.
- **$V_u/\phi V_n$ Crítica:** Relación entre cortante requerido y cortante de diseño para la combinación crítica a corte.
- **$h'/t \leq 25$:** Chequeo de la relación altura-espesor crítica para pandeo lateral de acuerdo con D.5.4.3.1. El valor se encuentra establecido en 25 de acuerdo con D.5.4.3.1. pero puede ser modificado a criterio del ingeniero diseñador en el cuadro de “Variables de Diseño” (Ver sección 5.4.1.7.). Cuando la relación se encuentra por encima de la relación mínima declarada por el usuario esta aparecerá marcada en rojo.
- **$\rho_v \geq 0.00070/0.00027$:** Chequeo de la cuantía de refuerzo vertical calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.a. (Mampostería reforzada) o D.8.3.1. (Mampostería parcialmente reforzada). Cuando la cuantía se encuentra por debajo de la cuantía mínima esta aparecerá marcada en rojo.
- **$\rho_h \geq 0.00070/0.00027$:** Chequeo de la cuantía de refuerzo horizontal calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.a.

(Mampostería reforzada) o D.8.3.1. (Mampostería parcialmente reforzada). Cuando la cuantía se encuentra por debajo de la cuantía mínima esta aparecerá marcada en rojo.

- $\rho_v + \rho_h \geq 0.0020$: Chequeo de la cuantía total de refuerzo vertical y horizontal calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.b. (Mampostería reforzada). Este criterio no aplica para muros de mampostería parcialmente reforzada. Cuando la suma de las cuantías se encuentra por debajo de 0.0020 esta aparecerá marcada en rojo.
- $\rho_v \geq 0.50 \rho_h$: Chequeo de la relación entre cuantía vertical y horizontal calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.c. (Mampostería reforzada). Este criterio no aplica para muros de mampostería parcialmente reforzada. Cuando la cuantía de refuerzo vertical es menor a la mitad de la cuantía de refuerzo horizontal esta aparecerá marcada en rojo.

Figura 28. Cuadro de Chequeos

CHEQUEOS		
Comb. Crít. Flex:	COMB4A Max	
$M_u/\phi M_n$:	0.824	
Comb. Crít. Corte:	COMB4 Min	
$V_u/\phi V_n$:	0.667	
$h'/t \leq 25$:	24	(D.5.4.3)
$\rho_v \geq 0.0007$:	0.00148	(D.7.3.1)
$\rho_h \geq 0.0007$:	0.00074	(D.7.3.1)
$\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$:	0.00223	(D.7.3.1)
$\rho_v \geq 0.50 \rho_h$:	0.00148	(D.7.3.1)

Fuente. DIMEST.

5.6.6. Elemento de Borde

El objetivo de este cuadro (Ver Figura 29) es orientar al usuario respecto a la necesidad de utilizar Elemento de Borde en el muro que se está diseñando, y en caso de necesitarlo que dimensiones y refuerzo necesitaría.

Figura 29. Cuadro de Elemento de Borde

ELEMENTO DE BORDE

Esf.Comp.Max: 337.610

Combinatoria: COMB2A Min

REQUIERE ELEMENTO DE BORDE

Lmin[m]: 0.3 Asmin[cm²]: 3.33

L[m]: As: # 5.07

☐ Agregar Elemento de Borde

Fuente. DIMEST.

El cuadro de “Elemento de Borde” se encuentra compuesto por:

- **Esfuerzo de Compresión Máximo:** DIMEST evalúa el esfuerzo máximo en la fibra extrema a compresión para cada combinación de carga. Este valor corresponde al máximo valor de esfuerzo a compresión obtenido con las combinatorias de diseño.
- **Combinatoria:** Combinatoria de diseño con la cual se obtuvo el máximo esfuerzo de compresión.
- **L_{min}[m] / A_{smin}[cm²]:** Estos valores corresponden a la longitud mínima y el respectivo refuerzo vertical que debe llevar un elemento de borde de concreto reforzado para el muro que se está evaluando. El procedimiento que usa DIMEST para determinar estos valores se tratará en la sección 5.6.6.2.
- **L[m]:** Longitud de elemento de borde ingresada por el usuario. DIMEST ajustará el valor ingresado de acuerdo con la longitud mínima y máxima definidas en las variables de diseño y la aproximará al múltiplo más cercano dependiendo del tamaño de bloque definido.
- **A_s:** Refuerzo vertical del elemento de borde indicado como [Número de Barras] y [Diámetro de Barra]. El número de barras siempre debe ser un número par y superior a cuatro mientras que el diámetro puede variar de #4 a #6. A la derecha de estos valores ingresados se calcula el área de acero que se está suministrando para que pueda ser comparada rápidamente con el área de acero requerida.
- **Agregar Elemento de Borde:** Activa/Desactiva el elemento de borde en el muro que se está evaluando según la longitud y refuerzo suministrados por el usuario. Es recomendable que el usuario primero defina la longitud y refuerzo del elemento de borde antes de activar esta opción ya que DIMEST recalculará la necesidad del elemento de borde con el nuevo refuerzo suministrado.

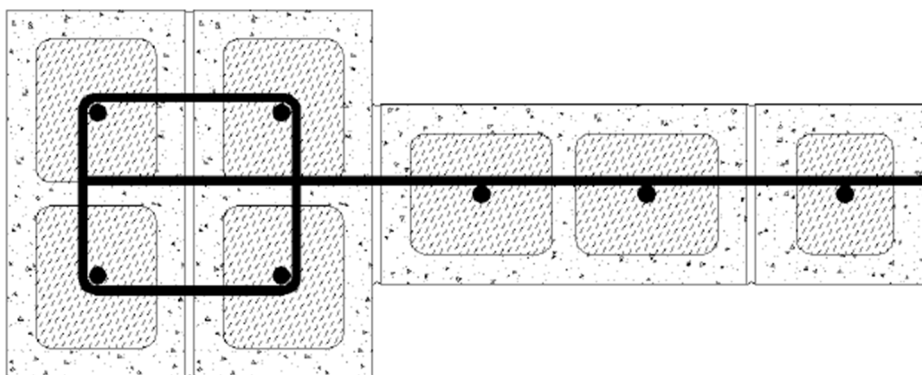
5.6.6.1. Tipo de Elemento de Borde

Los elementos de borde son utilizados en los muros de mampostería estructural con el fin de incrementar su ductilidad a la flexión al proporcionar un confinamiento en el extremo a compresión del muro y por lo tanto permitiendo resistir mayores esfuerzos.

Las normas de diseño en mampostería estructural (NSR-10 / ACI 530) proporcionan los límites máximos de esfuerzo a compresión que puede resistir un muro de mampostería antes de necesitar elemento de borde, pero no proporcionan mayor información respecto a las dimensiones o detallado del mismo.

Se han realizado diversos estudios referentes a la efectividad de diferentes configuraciones de elementos de borde, incluyendo platinas (Priestley y Elder 1983) y estribos abiertos o cerrados (Shing 1993) embebidos en el mortero de pega. Aunque estas configuraciones mostraron un incremento en la ductilidad a flexión de los muros de mampostería estructural, el utilizar platinas de acero no resulta muy conveniente en la práctica y el espesor que se puede utilizar en el mortero de pega es bastante limitado. El uso de elementos de borde agrandados compuestos de bloques de mampostería estructural, similares a columnas (Ver Figura 30), aunque también han mostrado un incremento en la ductilidad a la flexión de los muros (Banting y El-Dakhakhni, 2012), resultan en un gran problema de coordinación con la arquitectura del proyecto y además su costo puede ser bastante elevado.

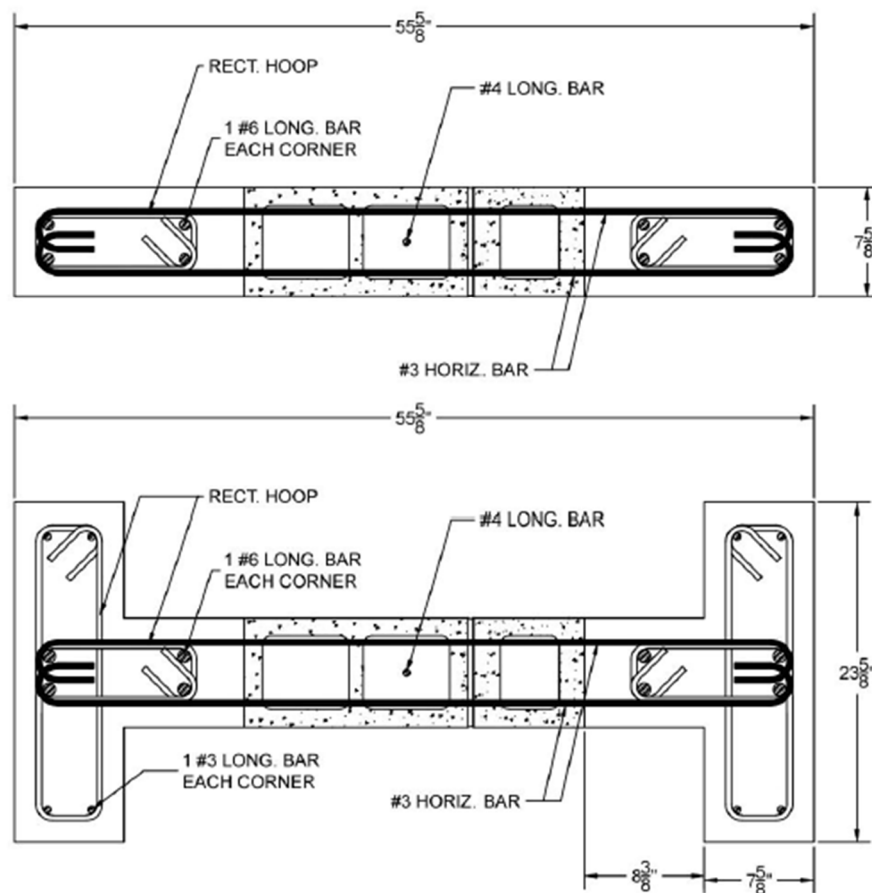
Figura 30. Configuración de columnas de mampostería estructural como elemento de borde



Fuente. Banting y El-Dakhakhni. 2012

El NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program) financio un estudio acerca del comportamiento de muros en mampostería estructural con elementos de borde en concreto reforzado (Cyrier, 2012). En su guía de diseño sísmico para muros de mampostería estructural (2014) se recomienda el uso de elementos de borde en concreto reforzado (Ver Figura 31) (los cuales también pueden ser en forma de T cuando se tengan intersecciones con otros muros) los cuales incrementan en gran medida el comportamiento a flexión, capacidad, ductilidad y disipación de energía del muro respecto a ensayos anteriores realizados con otros tipos de elementos de borde.

Figura 31. Elementos de borde en concreto reforzado para muros de mampostería estructural.



Fuente. Performance of concrete masonry shear walls with integral confined concrete boundary elements. Cyrier, 2012.

DIMEST utiliza esta configuración de elemento de borde en concreto reforzado para resolver el problema de esfuerzos a compresión en los extremos de los muros. Las dimensiones de este elemento vienen dadas por el espesor del muro de mampostería estructural y su longitud debe ser múltiplo de la mitad de la longitud del bloque estructural para así poder modularlo en alzada y darle continuidad a los refuerzos verticales.

5.6.6.2. Requerimientos para utilizar Elemento de Borde

De acuerdo con la NSR-10 en D.5.8.5. se deben utilizar elementos de borde en los muros de mampostería de unidades de perforación vertical, cuando el modo de falla del muro sea en flexión y el esfuerzo de compresión de la fibra extrema en condiciones de cargas mayoradas exceda $0.20f'_m$ para muros de mampostería reforzada, y cuando exceda $0.30f'_m$ para muros de mampostería parcialmente reforzada.

DIMEST realiza este chequeo de esfuerzo máximo a compresión para cada combinación de carga e informa en el cuadro de Elementos de Borde (Ver Figura 29) si el muro lo necesita o no. DIMEST además permite modificar los requerimientos de esfuerzo máximo a compresión para elementos de borde (Ver sección 5.4.1.) si el ingeniero diseñador así lo determina.

5.6.6.3. Longitud y Refuerzo del Elemento de Borde

Para realizar el predimensionamiento del elemento de borde, DIMEST inicia sus cálculos con la dimensión mínima de elemento de borde definida por el usuario en el cuadro de “Variables de Diseño”. Asumiendo una longitud de elemento de borde (L_{EB}) se calcula la fuerza de tracción y compresión en los extremos del muro para la combinatoria que se está evaluando por medio de la siguiente expresión:

$$P_T = \frac{P_u}{2} - \frac{M_u}{L_{\text{diseño}} - L_{EB}}$$

$$P_C = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{L_{\text{diseño}} - L_{EB}}$$

Con la fuerza a tracción en el extremo del muro (P_T) se puede estimar un área de acero vertical en el elemento de borde (A_{SEB}) por medio de la siguiente expresión:

$$A_{SEB} = \frac{P_T}{\phi F_y}$$

La resistencia de un elemento de concreto reforzado a compresión pura se puede determinar por medio de la siguiente expresión:

$$\phi P_{nmax} = P_u = \phi 0.75 [0.85 f'_c (A_g - A_s) + A_s f_y]$$

Aplicando esta fórmula para la fuerza a compresión en el extremo del muro se podría despejar el área del elemento de borde (A_{EB}) de la siguiente forma:

$$A_{EB} = \frac{2.05 P_C - A_{SEB} F_y}{0.85 f'_c} + A_{SEB}$$

Ahora que se ha predimensionado el área del elemento de borde podemos compararlo con el área que se había supuesto al inicio del cálculo, en caso de que sea menor es necesario incrementar la longitud del elemento de borde y repetir estos cálculos hasta poder llegar a las dimensiones que cumplan con el predimensionamiento asumido.

Si la dimensión del elemento de borde necesario para el muro de mampostería estructural se encuentra por fuera de los rangos de dimensiones definidas por el usuario en las variables de diseño, DIMEST reportara la longitud del elemento de borde como No Calculada ("N.C.")

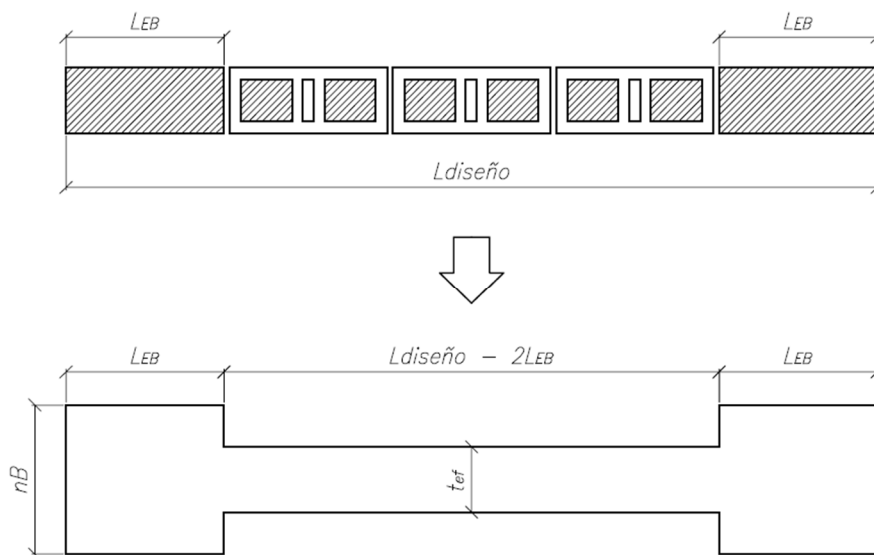
El diagrama de flujo para el predimensionamiento del elemento de borde se puede consultar en el Anexo A de este documento.

5.6.6.4. Cálculo del momento nominal resistente (M_n) con elemento de borde.

Cuando se tiene un muro de mampostería estructural con elemento de borde en concreto reforzado se cuenta con dos materiales de propiedades mecánicas diferentes. Para poder evaluar su comportamiento en conjunto se hará uso de la relación modular (n) entre los dos materiales para poder trabajar como si se tratara de un solo material (Ver Figura 32):

$$n = \frac{E_c}{E_m}$$

Figura 32. Sección transformada de muros en mampostería estructural con elemento de borde en concreto reforzado.



Fuente. Autor.

Para poder utilizar la metodología de cálculo de momento resistente vista en la sección 5.6.4.1., debemos obtener un valor de espesor efectivo equivalente (t_{ef}'). Este espesor efectivo equivalente lo podemos calcular de dos formas, utilizando ares equivalentes:

$$t_{ef}' = \frac{(L_{diseño} - 2 L_{EB}) t_{ef} + 2nB L_{EB}}{L_{diseño}}$$

O utilizando rigidez equivalente:

$$t_{ef}' = \frac{2nB L_{EB}^3 + 6nB L_{EB} (L_{diseño} - L_{EB})^2 + t_{ef}(L_{diseño} - 2L_{EB})^3}{L_{diseño}^3}$$

El espesor efectivo equivalente por rigidez sería el método recomendado para representar el comportamiento a flexo compresión del muro de mampostería con elementos de borde en concreto, aunque si se desea utilizar un diseño conservador se podría utilizar el espesor efectivo equivalente por áreas, DIMEST permite al usuario escoger que método utilizar en las variables de diseño.

Otro chequeo que realiza DIMEST una vez se ha seleccionado el método de espesor efectivo equivalente y se ha realizado el predimensionamiento del elemento de borde es garantizar que el esfuerzo a compresión en el extremo

interno del elemento de borde cumple con los límites de esfuerzo de D.5.8.5., por lo tanto se tiene:

$$\sigma_c = \frac{1}{L_{\text{diseño}} t_{\text{ef}}'} \left[P_u + \frac{6 M_u (L_{\text{diseño}} - 2 L_{\text{EB}})}{L_{\text{diseño}}^2} \right] \leq \sigma_{\text{lim}}$$

En caso de que no se cumpla con el esfuerzo a compresión límite de norma es necesario incrementar el tamaño del elemento de borde.

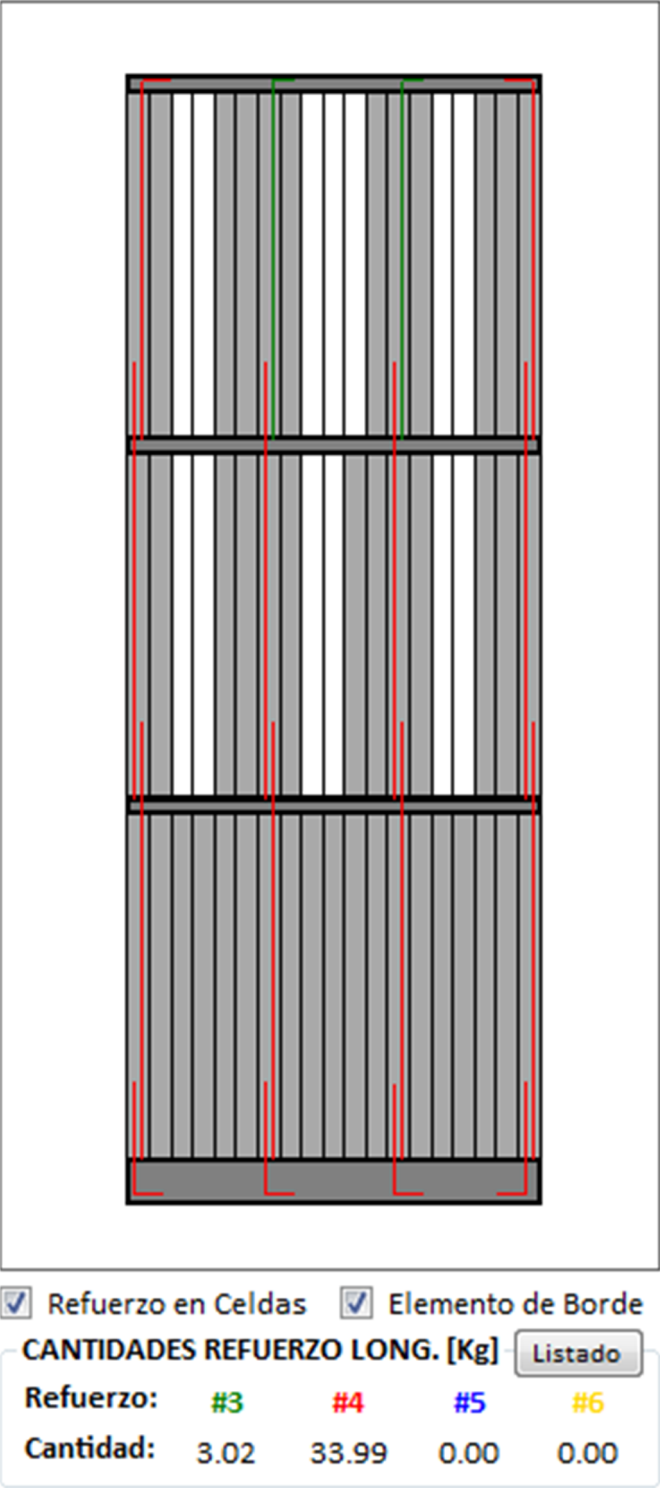
5.6.7. Alzada del muro

DIMEST dispone una ventana para presentar al usuario la alzada total del muro de mampostería (Ver Figura 33) con el cual se puede evaluar rápidamente la continuidad de refuerzos y celdas con mortero de relleno.

La ventana de alzada del muro se encuentra compuesta por:

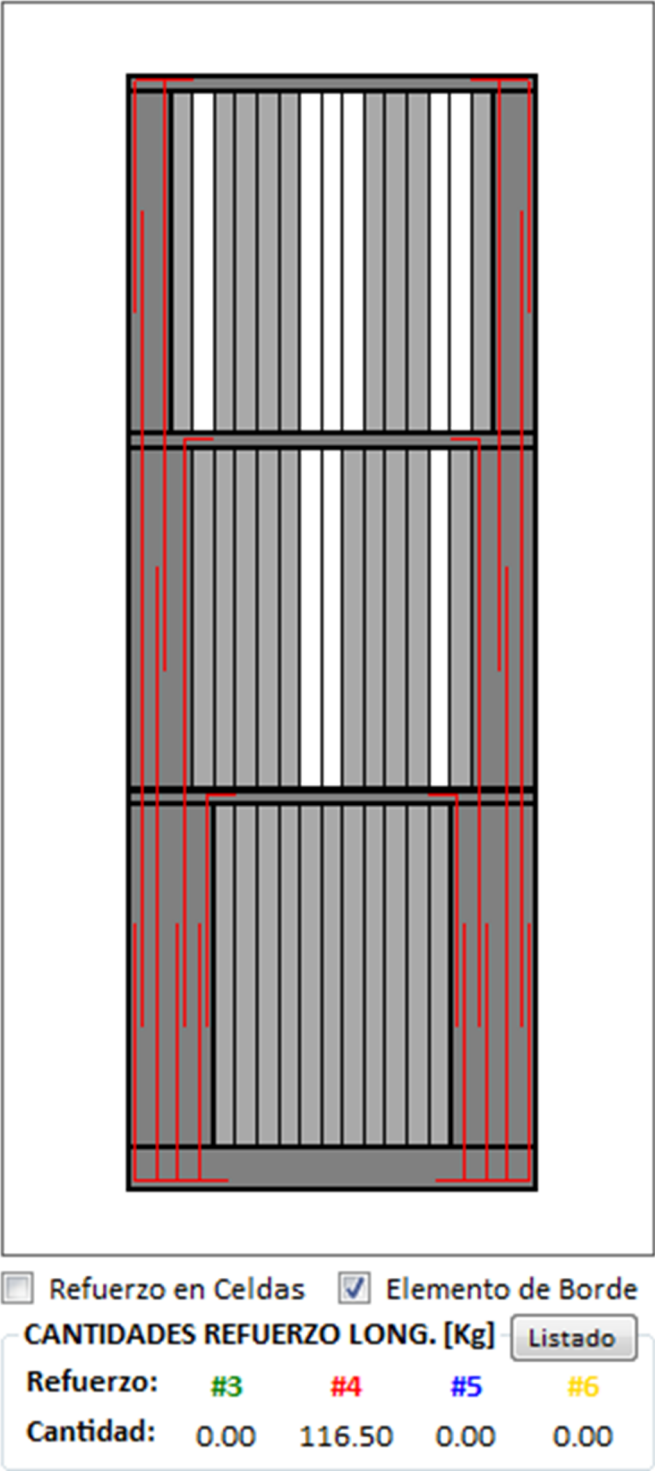
- **Alzada del muro:** La alzada del muro además de mostrar la continuidad de refuerzos y celdas con mortero de relleno también muestra la disposición del refuerzo y su despiece tanto para refuerzo vertical en celdas como para elemento de borde (Ver Figura 34). Los traslapos de los refuerzos en mampostería son calculados de acuerdo con los criterios de D.4.2.5. (Ver sección 3.5.2.).
Cualquier cambio de refuerzo o celda con mortero de relleno hecho en la vista en planta del muro automáticamente se actualizará en esta vista.
El refuerzo vertical se encuentra diferenciado por color de acuerdo con el diámetro de barra (#3 – Verde, #4 – Rojo, #5 – Azul, #6 – Amarillo)
- **Refuerzo en Celdas / Elemento de Borde:** Estas opciones permiten al usuario escoger si desea ver la distribución del refuerzo vertical en celdas, elementos de borde o ambos.
- **Cantidades de Refuerzo Longitudinal:** Este cuadro muestra al usuario las cantidades de acero vertical (en kilogramos) discriminado por diámetro de barra. Las cantidades calculadas dependen de las opciones de refuerzo que se esté mostrando en la alzada (Refuerzo en Celdas, Elemento de Borde o ambos)
- **Listado:** Esta opción genera un listado detallado del refuerzo vertical del muro. El listado de refuerzos (Ver Figura 35) depende de las opciones de refuerzo que se esté mostrando en la alzada (Refuerzo en Celdas, Elemento de Borde o ambos)

Figura 33. Ventana de alzada del muro.



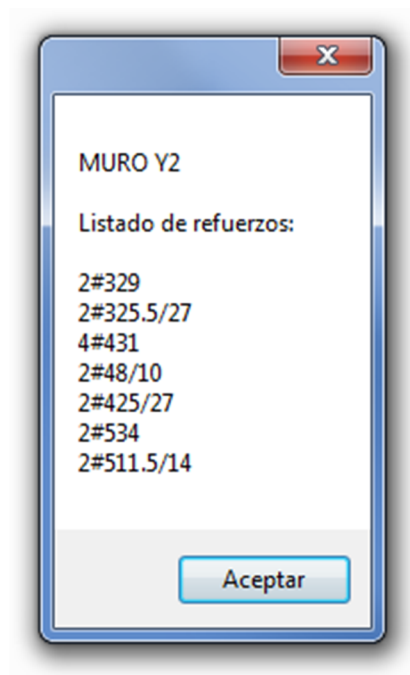
Fuente. DIMEST.

Figura 34. Ventana de alzada de muro para elemento de borde de sección variable (Solo se muestra el refuerzo del elemento de borde).



Fuente. DIMEST.

Figura 35. Ejemplo de listado de refuerzos.



Fuente. DIMEST.

5.6.8. Diseño a flexo compresión y corte.

Por medio de esta opción, DIMEST realiza un diseño automático a flexo compresión y corte del muro.

5.6.8.1. Diseño a flexo-compresión

Antes de iniciar con el procedimiento de diseño se hacen las siguientes aclaraciones:

- El diseño del muro se hace de forma integral, incluyendo todos los pisos del muro, ya que en la gran mayoría de ocasiones el refuerzo y las celdas con mortero de relleno condicionan la disposición de los refuerzos y las celdas de los pisos inferiores.
- El diseño del muro se hace en orden desde el piso superior hasta el inferior, ya que como se dijo en el punto anterior, la disposición de refuerzos en los pisos superiores condicionan (al menos en posición) los refuerzos de los pisos inferiores.

El procedimiento de diseño a flexo compresión utilizado por DIMEST es el siguiente:

- **Paso 1. Definir el refuerzo mínimo del muro.** Dependiendo del sistema estructural y del nivel de disipación de energía que se esté utilizando se debe repartir el refuerzo longitudinal (Ver Tabla 6) en el último piso del muro.

Tabla 6. Refuerzo mínimo de muros de mampostería según sistema estructural y nivel de disipación de energía.

Disipación de Energía	Mampostería Reforzada		Mampostería Parcialmente Reforzada	
	Separación	Barra Extremo	Separación	Barra Extremo
DES	$\min \begin{matrix} 1/3 L_{\text{diseño}} \\ 1/3 h' \\ 1.20 \text{ m} \end{matrix}$	#4	-	
DMI/DMO	1.20 m	#4	2.40	#3

Fuente. Autor.

Si se está utilizando disipación especial de energía en muros de mampostería reforzada todas las celdas del muro deben estar llenas de mortero de relleno.

- **Paso 2. Evaluar si es necesario Elemento de Borde.** En la sección 5.6.6.2. se definieron los requisitos bajo los cuales es necesario utilizar elemento de borde en un muro de mampostería estructural. Una forma de disminuir el esfuerzo a compresión en la fibra extrema es incrementando el área neta del muro, lo cual se puede conseguir incrementando el número de celdas con mortero de relleno.

DIMEST incrementa gradualmente el número de celdas del muro hasta que no haya necesidad de utilizar elemento de borde bajo ninguna de las combinatorias de diseño seleccionadas. Si aún llenado todas las celdas del muro sigue existiendo la necesidad de un elemento de borde, es necesario seguir con el procedimiento de diseño de muros con elemento de borde.

En este punto el diseño de muros en mampostería estructural se divide en dos, muros que requieren y no requieren elemento de borde.

Cuando no se requiere elemento de borde el procedimiento seria:

- **Paso 3A. Cumplir con la relación h'/t_{ef} .** DIMEST evalúa la relación h'/t_{ef} para pandeo lateral del muro, si el muro está cumpliendo con la relación definida en D.5.4.3.1. (O por la definida por el usuario en las variables de diseño) se continua al siguiente paso, de lo contrario se incrementa el número de celdas con mortero de relleno hasta que se cumpla con el criterio de pandeo lateral.
- **Paso 4A. Igualar el espesor definido en el modelo estructural.** Uno de los objetivos de DIMEST es representar de la forma más precisa posible la información obtenida del modelo de análisis estructural realizado por el usuario, por este motivo es necesario que el espesor efectivo del muro de mampostería estructural iguale (o sea al menos ligeramente superior) al espesor definido por el usuario en el modelo de análisis. Si el muro ya está cumpliendo con el espesor definido en el modelo se continúa al siguiente paso, de lo contrario se incrementa el número de celdas con mortero de relleno hasta que se consiga el espesor necesitado.
- **Paso 5A. Evaluar el momento nominal resistente de la sección.** Una vez se han definido las posiciones de los refuerzos verticales y la cantidad de celdas con mortero de relleno se procede a calcular el espesor efectivo del muro de acuerdo con los criterios de la sección 5.6.2. y el momento nominal resistente de la sección (M_n) de acuerdo con los criterios de la sección 5.6.4.1.
- **Paso 6A. Chequeo Momento Requerido/Momento de Diseño.** Multiplicando el momento nominal resistente obtenido en el paso anterior por el coeficiente de reducción de resistencia definido en las variables de diseño se obtiene el momento de diseño de la sección. Finalmente la relación entre momento requerido y momento de diseño se compara con la relación máxima $M_u/\phi M_n$ definida en las variables de diseño. Si se cumple con la relación máxima se continúa con el paso 9A, de lo contrario se continúa con el paso siguiente.
- **Paso 7A. Variación del refuerzo vertical.** Como el momento de diseño no cumplió con la relación máxima $M_u/\phi M_n$, es necesario incrementar el momento nominal resistente de la sección modificando su refuerzo vertical. Esto se puede hacer de dos formas:
 - Incrementando el número de barras de refuerzo vertical de la sección pero manteniendo el diámetro utilizado. Solamente se incrementara el diámetro de barra cuando ya todas las celdas de muro estén con una barra de refuerzo, cabe anotar que este método incrementa la cantidad de mortero de relleno utilizado.
 - Incrementando el diámetro de las barras de refuerzo vertical pero manteniendo el número de barras constante. Solamente se

incrementara el número de barras cuando el diámetro de barras utilizado llegue al máximo definido por el usuario.

DIMEST permite al usuario escoger entre las dos modalidades de variación automática de refuerzo vertical en las variables de diseño.

- **Paso 8A.** Se repiten los pasos 5A a 7A hasta que la relación entre el momento requerido y le momento de diseño cumpla con el valor máximo definido por el usuario. En caso de que se llegue al máximo número de barras de refuerzo vertical de mayor diámetro sin conseguir cumplir con la relación $M_u/\phi M_n$, se determina que no se puede conseguir el momento requerido solo con refuerzo vertical en las celdas y se deben evaluar otras alternativas como un incremento en la resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m), elementos de borde o variaciones en el modelo estructural.
- **Paso 9A.** Una vez se tiene definido el refuerzo vertical y las celdas con mortero de relleno que cumplen con los requerimientos de los pasos anteriores, se pasa al piso siguiente (inferior) y se inicia de nuevo el diseño del muro desde el paso 2 pero partiendo con el refuerzo vertical y las celdas llenas del piso superior.

Cuando se requiere elemento de borde el procedimiento seria:

- **Paso 3B. Predimensionamiento del Elemento de Borde.** En este paso todas las celdas del muro de mampostería se encuentran llenas de mortero de relleno por el chequeo del paso anterior. Para el predimensionamiento del elemento de borde se seguirán los pasos descritos en la sección 5.6.6.3.
- **Paso 4B. Evaluar el momento nominal resistente de la sección con elemento de borde.** Una vez se han definido las dimensiones del elemento de borde y las posiciones del refuerzo vertical del muro de mampostería se procede a calcular el momento nominal resistente de la sección (M_n) de acuerdo con los criterios de la sección 5.6.6.4.
- **Paso 5B. Chequeo Momento Requerido/Momento de Diseño.** Multiplicando el momento nominal resistente obtenido en el paso anterior por el coeficiente de reducción de resistencia definido en las variables de diseño se obtiene el momento de diseño de la sección. Finalmente la relación entre momento requerido y momento de diseño se compara con la relación máxima $M_u/\phi M_n$ definida en las variables de diseño. Si se cumple con la relación máxima se continúa con el paso 8B, de lo contrario se continúa con el paso siguiente.
- **Paso 6B. Variación del refuerzo vertical del Elemento de Borde.** Como el momento de diseño no cumplió con la relación máxima $M_u/\phi M_n$, es necesario incrementar el momento nominal resistente de la sección modificando el refuerzo vertical del elemento de borde, el cual es el que

tiene la mayor incidencia sobre el momento nominal resistente de la sección evaluada.

- **Paso 7B.** Se repiten los pasos 4B a 6B hasta que la relación entre el momento requerido y el momento de diseño cumpla con el valor máximo definido por el usuario.
- **Paso 8B.** Una vez se tiene definido el elemento de borde y su refuerzo, el refuerzo vertical y las celdas con mortero de relleno que cumplen con los requerimientos de los pasos anteriores, se pasa al piso siguiente (inferior) y se inicia de nuevo el diseño del muro desde el paso 3B pero partiendo con el elemento de borde, refuerzo vertical y las celdas llenas del piso superior.

El diagrama de flujo para el diseño a flexo compresión de muros de mampostería estructural se puede consultar en el Anexo A de este documento.

5.6.8.2. Diseño a Corte

Antes de iniciar con el procedimiento de diseño se hacen las siguientes aclaraciones:

- El diseño a corte automático de DIMEST únicamente utiliza refuerzo horizontal en escalerilla, si se desea usar refuerzo horizontal en bloque viga el diseño debe hacerse manualmente para los diferentes muros del proyecto. Aun así DIMEST ofrece una forma para modificar y evaluar rápidamente el refuerzo horizontal de los muros como se podrá ver en la sección 5.7.2.1.
- Si bien el diseño automático a corte y flexo compresión de DIMEST realiza los chequeos de cuantías de refuerzo horizontal y vertical de los muros de mampostería estructural, no chequea que la suma de las cuantías de refuerzo horizontal y vertical sea superior a 0.0020 (Criterio solo de muros de mampostería reforzada), ya que queda a juicio del ingeniero diseñador decidir cuál de las dos cuantías desea incrementar en su diseño.
- Para el diseño a corte DIMEST toma los resultados de celdas con mortero de relleno obtenidos del diseño a flexo compresión del muro.

El procedimiento de diseño a corte utilizado por DIMEST es el siguiente:

- **Paso 1. Determinar la separación máxima del refuerzo horizontal.** Dependiendo del sistema estructural utilizado y del tipo de refuerzo horizontal se puede determinar la separación máxima del refuerzo según los datos de la Tabla 5.
- **Paso 2. Calcular el refuerzo mínimo horizontal.** Partiendo de las cuantías de refuerzo mínimo horizontal para muros de mampostería reforzada (0.00070) o parcialmente reforzada (0.00027), DIMEST calcula la

separación requerida de refuerzo para cumplir con la cuantía mínima sin superar la separación máxima de refuerzo horizontal.

- **Paso 3. Calcular el cortante nominal resistente de la sección.** Para el cálculo del cortante nominal resistente de la sección (V_n) se utiliza el procedimiento descrito en la sección 5.6.4.2.
- **Paso 4. Chequeo Cortante Requerido/Cortante de Diseño.** Multiplicando el cortante nominal resistente obtenido en el paso anterior por el coeficiente de reducción de resistencia definido en las variables de diseño se obtiene el cortante de diseño de la sección. Finalmente la relación entre cortante requerido y cortante de diseño se compara con la relación máxima $V_u/\phi V_n$ definida en las variables de diseño. Si se cumple con la relación máxima se continúa con el paso 8, de lo contrario se continúa con el paso siguiente.
- **Paso 5. Variación del refuerzo horizontal.** Como el cortante de diseño no cumplió con la relación máxima $V_u/\phi V_n$, es necesario incrementar el cortante nominal resistente de la sección modificando la separación del refuerzo horizontal.
DIMEST realiza la variación de la separación del refuerzo horizontal disminuyendo una altura de bloque por cada iteración.
- **Paso 6.** Se repiten los pasos 3-5 hasta que la relación entre el cortante requerido y el cortante de diseño cumpla con el valor máximo definido por el usuario. En caso de que se llegue a la separación mínima posible del refuerzo horizontal ($h_{\text{bloque}} + \text{junta}$) sin conseguir cumplir con la relación $V_u/\phi V_n$, se determina que no se puede conseguir el cortante requerido solo con refuerzo en escalerilla y se deben evaluar otras alternativas como un incremento en la resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m) o cambiar el tipo de refuerzo horizontal a bloque viga.
- **Paso 7.** Una vez se tiene definido el tipo de refuerzo horizontal y su separación que cumple con los requerimientos de los pasos anteriores, se pasa al piso siguiente (inferior) y se inicia de nuevo el diseño del muro desde el paso 1.

El diagrama de flujo para el diseño a corte de muros de mampostería estructural se puede consultar en el Anexo A de este documento.

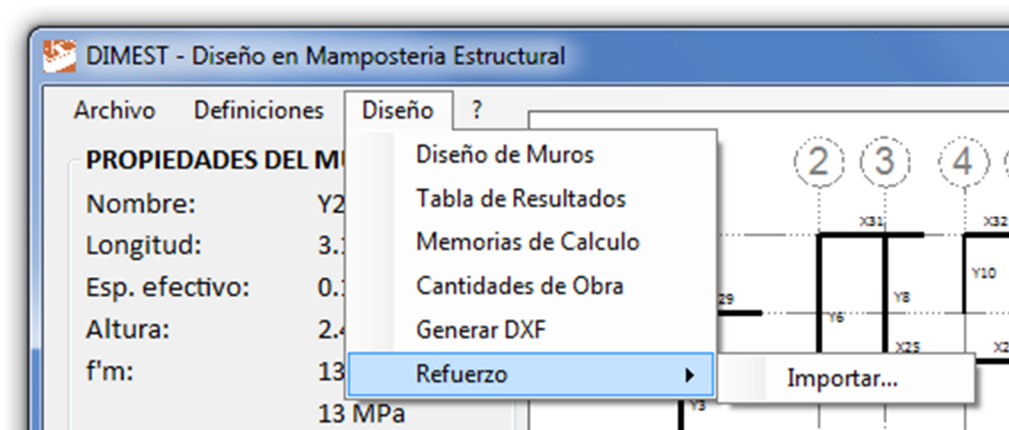
5.7. MENU DE DISEÑO

La ventana de información detallada del muro es una herramienta bastante útil para evaluar el comportamiento de un muro en un piso específico e interactuar con él, pero se queda corta en el momento de manejar grandes volúmenes de muros. Por este motivo DIMEST ha desarrollado una serie de herramientas que permiten al usuario manejar un mayor volumen de diseños simultáneamente, identificar los puntos críticos del diseño y obtener resultados en un formato de entrega para el cliente final.

El Menú de Diseño (Ver Figura 36) se encuentra compuesto por:

- Diseño de Muros
- Tabla de Resultados
- Memorias de Cálculo
- Cantidades de Obra
- Generar DXF
- Importar Refuerzo

Figura 36. Menú de Diseño



Fuente. DIMEST.

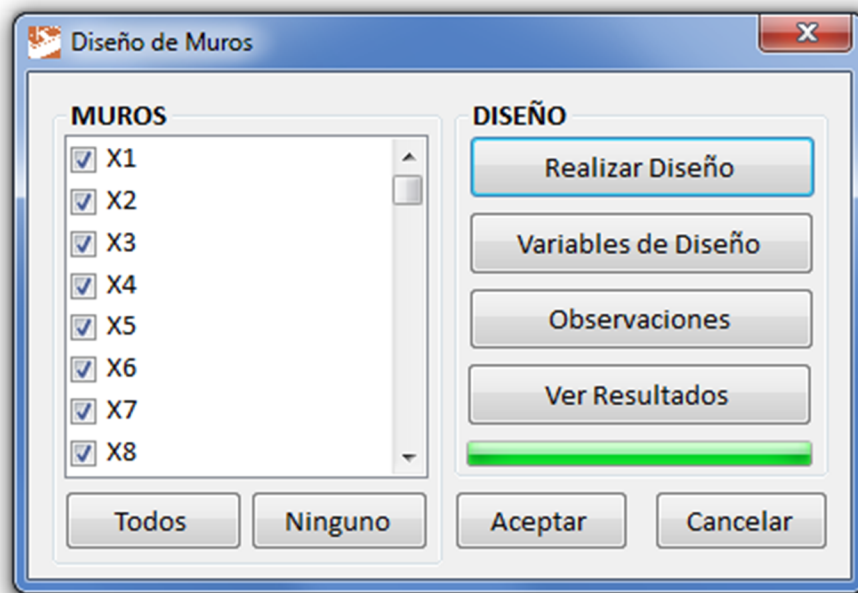
5.7.1. Diseño de Muros

La ventana de “Diseño de Muros” (Ver Figura 37) es una expansión del diseño automático de muros a flexo compresión y corte visto en la ventana de información detallada del muro, la cual ahora nos permite realizar el diseño de los muros que sean seleccionados de forma inmediata sin necesidad de tener que ingresar a cada muro a diseñarlos.

La ventana de “Diseño de Muros” se encuentra compuesta por:

- **Cuadro de selección de muros:** En el cuadro de selección de muros se pueden escoger los muros del modelo de análisis estructural que se desean diseñar con las combinatorias de diseño seleccionadas en las variables de diseño.

Figura 37. Ventana de Diseño de Muros.



Fuente. DIMEST.

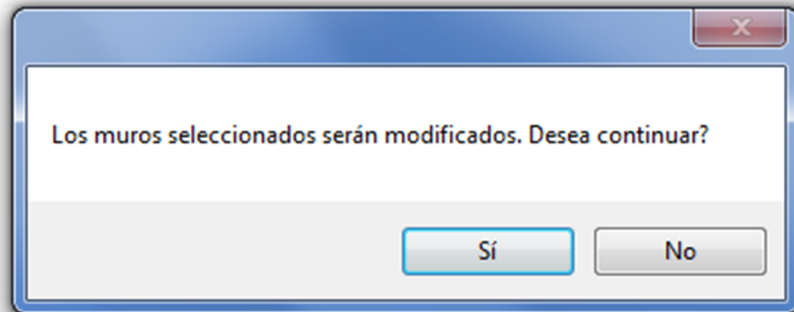
- **Realizar Diseño:** Esta opción inicia el diseño a flexo compresión y corte de los muros seleccionados siguiendo los pasos descritos en la sección 5.6.8.

El diseño automático de los muros sobrescribe todos los diseños o refuerzos que hayan sido ingresados por el usuario, por eso antes de iniciar con el diseño de los muros DIMEST advierte sobre la modificación de datos del usuario (Ver Figura 38)

Una vez se ha realizado el diseño de todos los muros seleccionados por el usuario, DIMEST informa respecto a la cantidad de muros que fueron diseñados y los posibles problemas que se encontraron durante su diseño (Ver Figura 39)

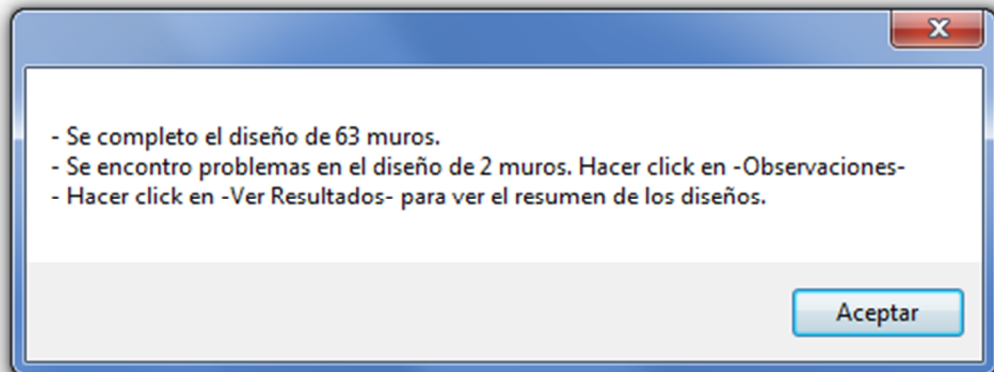
- **Variables de Diseño:** Enlace directo a la ventana de “Variables de Diseño” (Ver sección 5.4.1.)
- **Observaciones:** Sí DIMEST encontró algún problema en el diseño a flexo compresión y corte de alguno de los muros seleccionados, además de informarlo en el reporte de diseños (Ver Figura 39) habilita la opción de “Observaciones”, la cual abre una ventana (Ver Figura 40) con un reporte detallado de los problemas encontrados durante el diseño.

Figura 38. Advertencia de modificación de datos antes de iniciar con el diseño de muros.



Fuente. DIMEST.

Figura 39. Reporte de diseños.

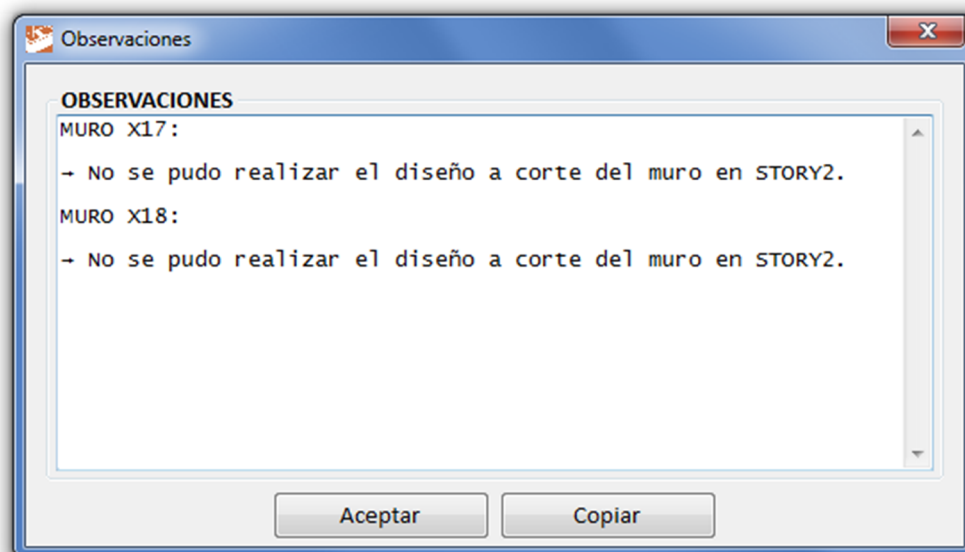


Fuente. DIMEST.

Al hacer click en “Copiar” toda la información de las observaciones de diseño es copiada al portapapeles para ser utilizada por el usuario en otros programas.

- **Ver Resultados:** Enlace directo a la ventana de “Tabla de Resultados” (Ver Sección 5.7.2.)

Figura 40. Ventana de Observaciones.



Fuente. DIMEST.

5.7.2. Tabla de Resultados

La Tabla de Resultados (Ver Figura 41) es otra herramienta de bastante utilidad para el usuario ya que contiene un resumen del estado de todos los muros del proyecto.

La Tabla de Resultados informa al usuario respecto al estado de los muros (Momento de diseño, cortante de diseño, índices de sobre esfuerzo, cuantía de refuerzos...) en cualquier momento y para cualquier configuración de refuerzo que se tenga en el muro. Además, el usuario puede evaluar de forma simultánea todos los muros del proyecto, piso a piso, para identificar rápidamente que muros aún no están cumpliendo con los requerimientos de norma o con el criterio de diseño del usuario.

Antes de realizar el diseño automático de muros el usuario puede utilizar la Tabla de Resultados como herramienta para identificar los muros que cumplen con los requisitos de norma con refuerzo mínimo, o cuales son los muros que presentan elevados índices de sobre esfuerzo antes de ser diseñados. Una vez se ha realizado el diseño de los muros la Tabla de Resultados permite al usuario evaluar el estado final de los muros, cuales presentan mayores índices de sobre esfuerzo, o cuales presentan las mayores cuantías de refuerzo vertical y de corte.

Pier	No. Celdas	Longitud [m]	Espesor Modelo [m]	Espesor Efectivo [m]	f'm [Tn/m ²]	Elemento de Borde	Longitud EB [m]	Número Barras EB	Diametro Barras EB [φ]	Comb. Crítica	Pu [Tn]	Mu [Tn-m]	φMin [Tn-m]	Mu/φMin	Tipo Refuerzo	Refu
X1	14	2.10	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-4.340	19.289	29.970	0.644	Escalerilla	2φ5.0
X2	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	0.904	7.683	9.576	0.802	Escalerilla	2φ5.0
X3	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	0.905	7.622	9.576	0.796	Escalerilla	2φ5.0
X4	14	2.10	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-4.265	19.305	30.151	0.640	Escalerilla	2φ5.0
X5	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.268	9.970	11.817	0.844	Escalerilla	2φ5.0
X6	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.295	10.142	11.817	0.858	Escalerilla	2φ5.0
X7	6	0.90	0.140	0.132	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.189	2.543	3.305	0.769	Escalerilla	2φ5.0
X8	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	1.010	10.549	12.304	0.857	Escalerilla	2φ5.0
X9	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	1.009	10.522	12.304	0.855	Escalerilla	2φ5.0
X10	6	0.90	0.140	0.132	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.180	2.706	3.305	0.819	Escalerilla	2φ5.0
X11	19	2.85	0.140	0.155	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-15.192	35.217	51.508	0.684	Escalerilla	2φ5.0
X12	19	2.85	0.140	0.155	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-15.252	35.182	76.057	0.463	Escalerilla	2φ5.0
X13	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	6.967	5.279	8.352	0.632	Escalerilla	2φ5.0
X14	11	1.65	0.140	0.171	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-3.856	11.228	23.319	0.482	Escalerilla	2φ5.0
X15	11	1.65	0.140	0.171	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-4.276	11.079	22.864	0.485	Escalerilla	2φ5.0
X16	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	6.963	5.398	8.352	0.646	Escalerilla	2φ5.0
X17	19	2.85	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	9.156	34.379	39.133	0.879	Escalerilla	2φ5.0
X18	18	2.85	0.140	0.124	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	8.147	24.276	28.122	0.879	Escalerilla	2φ5.0

90

La Tabla de Resultados se encuentra compuesta por:

- Propiedades (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Numero de Celdas
 - Longitud [m]
 - Espesor del muro [Modelo]
 - Espesor efectivo del muro
 - Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)
- Elemento de Borde
 - Elemento de Borde
 - Longitud [m]
 - Número de Barras
 - Diámetro de Barras
- Diseño a Flexión (Unidades consistentes)
 - Combinatoria Critica
 - P_u
 - M_u
 - ϕM_n
 - $M_u/\phi M_n$
- Diseño a Corte (Unidades consistentes)
 - Tipo de Refuerzo
 - Refuerzo
 - Separación [m]
 - Combinatoria Critica
 - V_u
 - ϕV_n
 - $V_u/\phi V_n$
- Chequeos
 - h'/t
 - $\rho_v \geq 0.00070$
 - $\rho_h \geq 0.00070$
 - $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$
 - $\rho_v \geq 0.5\rho_h$

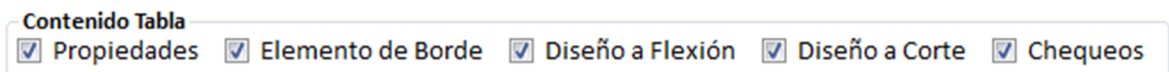
El usuario puede ordenar la tabla de forma ascendente o descendente haciendo click en el encabezado de cada columna, así puede encontrar los valores máximos y mínimos para cada ítem.

Al hacer doble click sobre cualquier fila de la Tabla de Resultados se accede inmediatamente a la Ventana de Información Detallada del Muro.

El contenido de la tabla puede ser filtrado por los siguientes grupos de datos haciendo uso de los cuadros de selección en la esquina inferior izquierda (Ver Figura 42):

- Propiedades
- Elementos de Borde
- Diseño a Flexión
- Diseño a Corte
- Chequeos

Figura 42. Filtro de Grupos de Datos



Fuente. DIMEST.

Además de la Tabla de Resultados se cuenta con los siguientes componentes:

Unidades <input checked="" type="radio"/> Tn-m (MKS) <input type="radio"/> kN-m (SI)	Selector de Unidades. DIMEST permite manejar unidades de Tn-m y kN-m.
	Exportar Tabla. Esta opción permite copiar la información de la Tabla de Resultados al portapapeles para ser utilizada en cualquier tipo de hoja de cálculo.
	Actualizar Tabla. Una vez se ha cargado la Tabla de Resultados desde el menú de diseño es necesario actualizarla cada vez que se haga un cambio en el refuerzo de los muros estructurales para que se reflejen los cambios realizados en ella.
	Modificar Columna. Ver Sección 5.7.2.1. para más información.
<input type="text" value="Story1"/> ▼	Selector de Nivel. Esta opción permite variar el nivel estructural del cual se están evaluando los muros en la Tabla de Resultados.

5.7.2.1. Modificar Columnas

A través de esta opción DIMEST brinda al usuario la opción de modificar los valores de ciertas columnas de datos de la Tabla de Resultados (Ver Figura 43) con el fin de que el usuario pueda evaluar el comportamiento de los muros para diferentes valores de datos comunes a ellos como lo son:

- Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)(Unidades consistentes)
- Tipo de Refuerzo Horizontal
- Diámetro del Refuerzo Horizontal
- Separación del Refuerzo Horizontal

Figura 43. Ventana Modificar Columnas

Resistencia a la Compresion

Resistencia a la compresion (f'_m) [Tn/m²] 0

Tipo de Refuerzo Horizontal

☒ Escalerilla ☐ Bloque Viga

Refuerzo Horizontal en Escalerilla

☒ 2 ϕ 4.0 mm ☐ 2 ϕ 4.5 mm ☐ 2 ϕ 5.0 mm

Refuerzo Horizontal en Bloque Viga

☒ #3 ☐ #4 ☐ #5

Separación Refuerzo Horizontal

Separacion del refuerzo horizontal [m]

Aceptar Cancelar

Fuente. DIMEST.

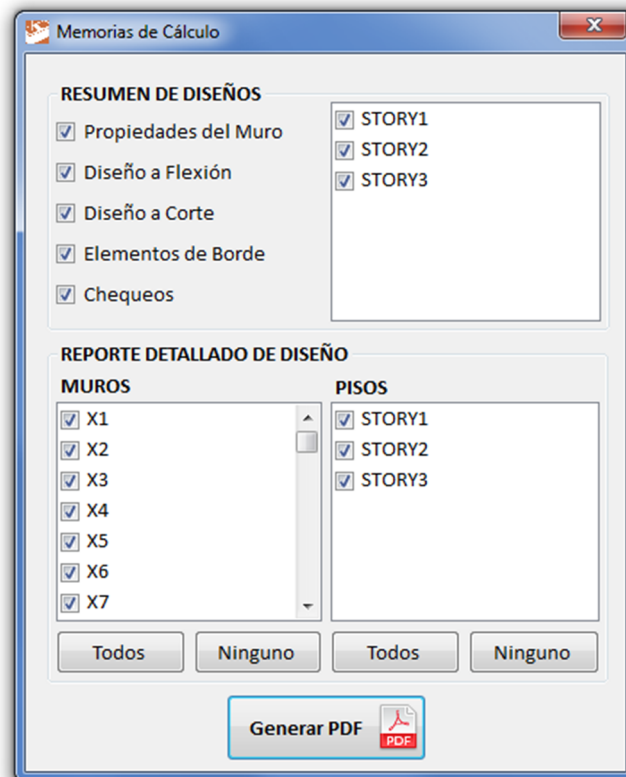
5.7.3. Memorias de Cálculo

Una vez se ha realizado el diseño de los muros estructurales y el usuario se encuentra satisfecho con los resultados obtenidos, DIMEST ofrece la opción de generar memorias de cálculo (generales y detalladas) de los diseños realizados para ser presentados ante el cliente, curadurías, revisores o cualquier entidad que necesite evaluar los diseños realizados en el proyecto.

La ventana de memorias de cálculo (Ver Figura 44) ofrece las siguientes opciones:

- Resumen de Diseños
- Reporte Detallado de Diseños

Figura 44. Ventana de memorias de cálculo.



Fuente. DIMEST.

5.7.3.1. Resumen de Diseños.

Resumen de Diseños es una opción de memorias de cálculo que condensa los resultados obtenidos en el diseño de los muros de mampostería de forma muy similar a la Tabla de Resultados. A la derecha del cuadro de Resumen de Diseños se puede seleccionar los pisos de los cuales se desean obtener resultados.

Las tablas resumen generadas por DIMEST son las siguientes:

- Propiedades Muros (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Numero de Celdas
 - Longitud [m]
 - Espesor efectivo [m]
 - Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)
 - Módulo de Elasticidad de la mampostería (E_m)
- Diseño a Flexión (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Combinatoria Critica
 - P_u
 - M_u
 - ϕM_n
 - $M_u/\phi M_n$
- Diseño a Corte (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Tipo de Refuerzo
 - Refuerzo
 - Separación [m]
 - Combinatoria Critica
 - V_u
 - ϕV_n
 - $V_u/\phi V_n$
- Elemento de Borde
 - Nombre Pier
 - Elemento de Borde
 - Longitud [m]
 - Refuerzo Longitudinal
 - Refuerzo Transversal
- Chequeos
 - Nombre Pier
 - h'/t
 - $\rho_v \geq 0.00070$
 - $\rho_h \geq 0.00070$
 - $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$
 - $\rho_v \geq 0.5\rho_h$

Un ejemplo de las memorias de cálculo generadas por DIMEST se encuentra en el Apéndice D de este documento.

5.7.3.2. Reporte Detallado de Diseño

Además de tablas de resumen, DIMEST presenta versiones detalladas del diseño de los muros por si se desea conocer a fondo el diseño de los muros del proyecto. El usuario puede escoger que muros y que pisos desea presentar en el Reporte Detallado de Diseño.

El Reporte Detallado se encuentra compuesto por:

- Vista en planta del muro con refuerzos y celdas con mortero de relleno
- Información del Muro
 - Pier
 - Piso
 - Numero de Celdas
 - Longitud [m]
 - Altura [m]
 - Dimensiones del bloque utilizado
 - Espesor efectivo [m]
- Propiedades de los materiales (Unidades consistentes)
 - Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)
 - Módulo de elasticidad de la mampostería (E_m)
 - Resistencia a la compresión del concreto (Elemento de Borde) (f'_c)
 - Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo vertical (f_y)
 - Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo horizontal (f_y)
 - Módulo de elasticidad del acero de refuerzo (E_s)
- Parámetros de Diseño
 - ϕ_c
 - ϕ_f
 - ϕ_v
 - Código de diseño
 - Disipación de energía
- Diseño a Flexo-Compresión (Unidades consistentes)
 - Estación (Superior/Inferior)
 - Combinación Crítica (Superior/Inferior)
 - R_e (Superior/Inferior)
 - P_u (Superior/Inferior)
 - M_u (Superior/Inferior)
 - ϕM_n (Superior/Inferior)
 - $M_u/\phi M_n$ (Superior/Inferior)
- Diseño a Corte (Unidades consistentes)
 - Estación (Superior/Inferior)
 - Refuerzo Horizontal
 - Combinación Crítica (Superior/Inferior)
 - V_u (Superior/Inferior)

- ϕV_n (Superior/Inferior)
 - $V_u/\phi V_n$ (Superior/Inferior)
- Chequeo Elemento de Borde (Unidades consistentes)
 - Estación (Superior/Inferior)
 - Combinación Crítica (Superior/Inferior)
 - σ_c (Superior/Inferior)
 - σ_{cmax} (Superior/Inferior)
 - Elemento de Borde
- Elemento de Borde Asignado
 - Longitud
 - Refuerzo Longitudinal
 - Refuerzo Transversal
- Chequeos
 - h'/t
 - $\rho_v \geq 0.00070$
 - $\rho_h \geq 0.00070$
 - $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$
 - $\rho_v \geq 0.5\rho_h$

Un ejemplo de las memorias de cálculo generadas por DIMEST se encuentra en el Apéndice D de este documento.

5.7.4. Cantidades de Obra

Otra de las opciones ofrecidas por DIMEST una vez se ha terminado con el diseño de los muros del proyecto es la de generar automáticamente las cantidades de obra de los muros de mampostería.

La ventana de Cantidades de Obra (Ver Figura 45) ofrece las siguientes opciones:

- Resumen General
- Resumen por Muro
- Detallado Refuerzo General
- Detallado Refuerzo por Muro
- **Resumen General**

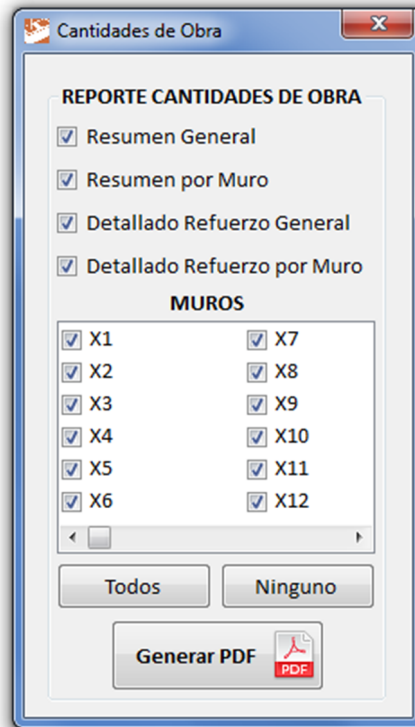
El resumen general totaliza las siguientes cantidades de obra:

- Refuerzo longitudinal (discriminado por diámetros de barra)
- Refuerzo transversal (discriminado por diámetros de barra)
- Mortero de relleno (ml/m^3)

- Unidades de mampostería estructural
- Concreto de elementos de borde (Si se utilizó)

Además, entrega los rendimientos de cada material por metro cuadrado de muro de mampostería estructural.

Figura 45. Ventana de Cantidades de Obra.



Fuente. DIMEST.

- **Resumen por muro**

El resumen por muro entrega las mismas cantidades del resumen general pero discriminadas para cada muro del proyecto.

- **Detallado Refuerzo General / Muro**

Los cuadros de detallado traen los listados de refuerzo figurado que van a ser necesarios para la construcción de los muros de mampostería de acuerdo con el despiece realizado por DIMEST.

Los cuadros pueden ser generados para todo el proyecto (pedidos totales de obra) o por muro para saber que refuerzo se utilizara en la construcción de cada muro.

Cada cuadro de detallado consta de la siguiente información:

- Diagrama de figuración del refuerzo
- Nomenclatura del refuerzo
- Cantidad de barras necesarias según figuración
- Diámetro de barra
- Longitud total de barra
- Observaciones

Un ejemplo de las cantidades de obra generadas por DIMEST se encuentra en el Apéndice D de este documento.

5.7.5. Generar DXF

Finalmente, DIMEST permite al usuario generar planos en formato DXF de las plantas estructurales y las alzadas de los muros de mampostería diseñados (incluyendo dimensiones reales del bloque definido, refuerzos y celdas con mortero de relleno).

La ventana de Generar DXF (Ver Figura 46) ofrece las siguientes opciones:

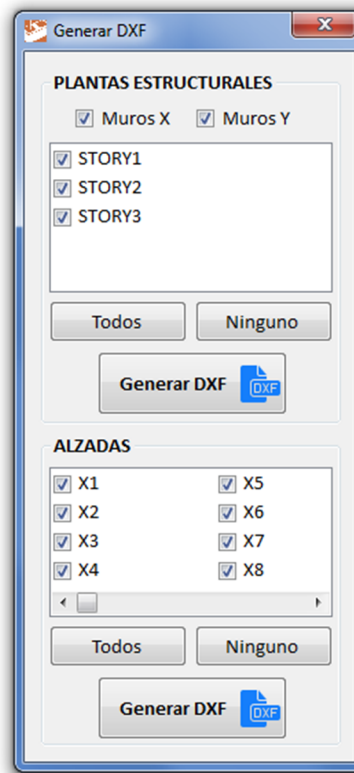
- Plantas Estructurales
- Alzadas

- **Plantas Estructurales**

Las plantas estructurales son generadas utilizando las coordenadas de los muros obtenidas del modelo de análisis estructural y la cantidad de celdas definida por el usuario en la ventana de Cantidad de Celdas por Muro.

Las dimensiones de bloque corresponden a las definidas por el usuario, en la planta estructural se encontraran marcada las celdas que llevan mortero de relleno y los refuerzos verticales definidos por el usuario en el diseño de los muros. Cada muro está marcado con el nombre del Pier definido en el modelo estructural para facilitar su identificación.

Figura 46. Ventana Generar DXF

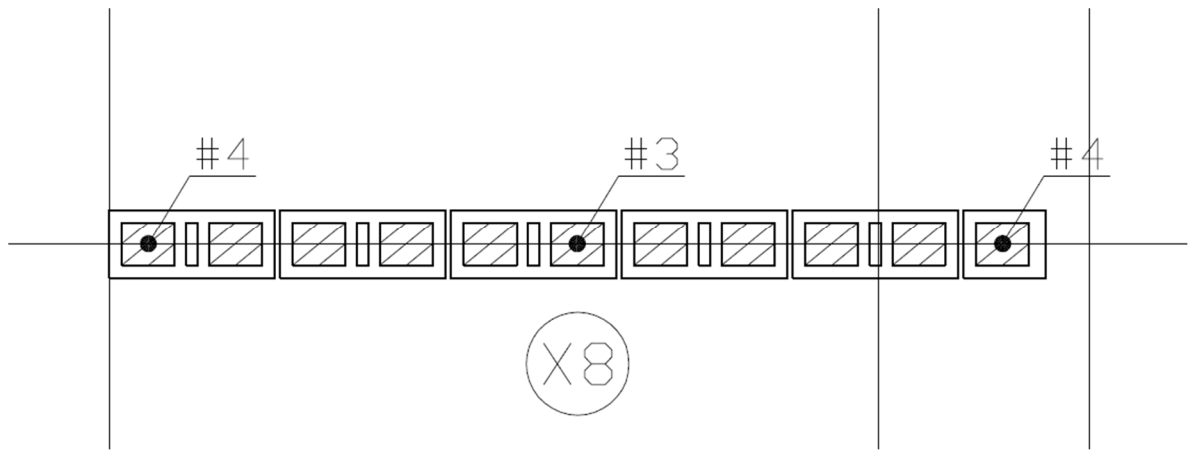


Fuente. DIMEST.

En el momento de generar el archivo DXF, el usuario puede definir que plantas y orientación de muros desea generar. Se recomienda generar los muros en dirección X y Y por separado para facilidad en el momento de acomodarlos en el plano definitivo de obra.

La Figura 47 muestra un ejemplo de la vista en planta de un muro de mampostería estructural en formato DXF

Figura 47. Ejemplo vista en planta muro estructural (DXF)



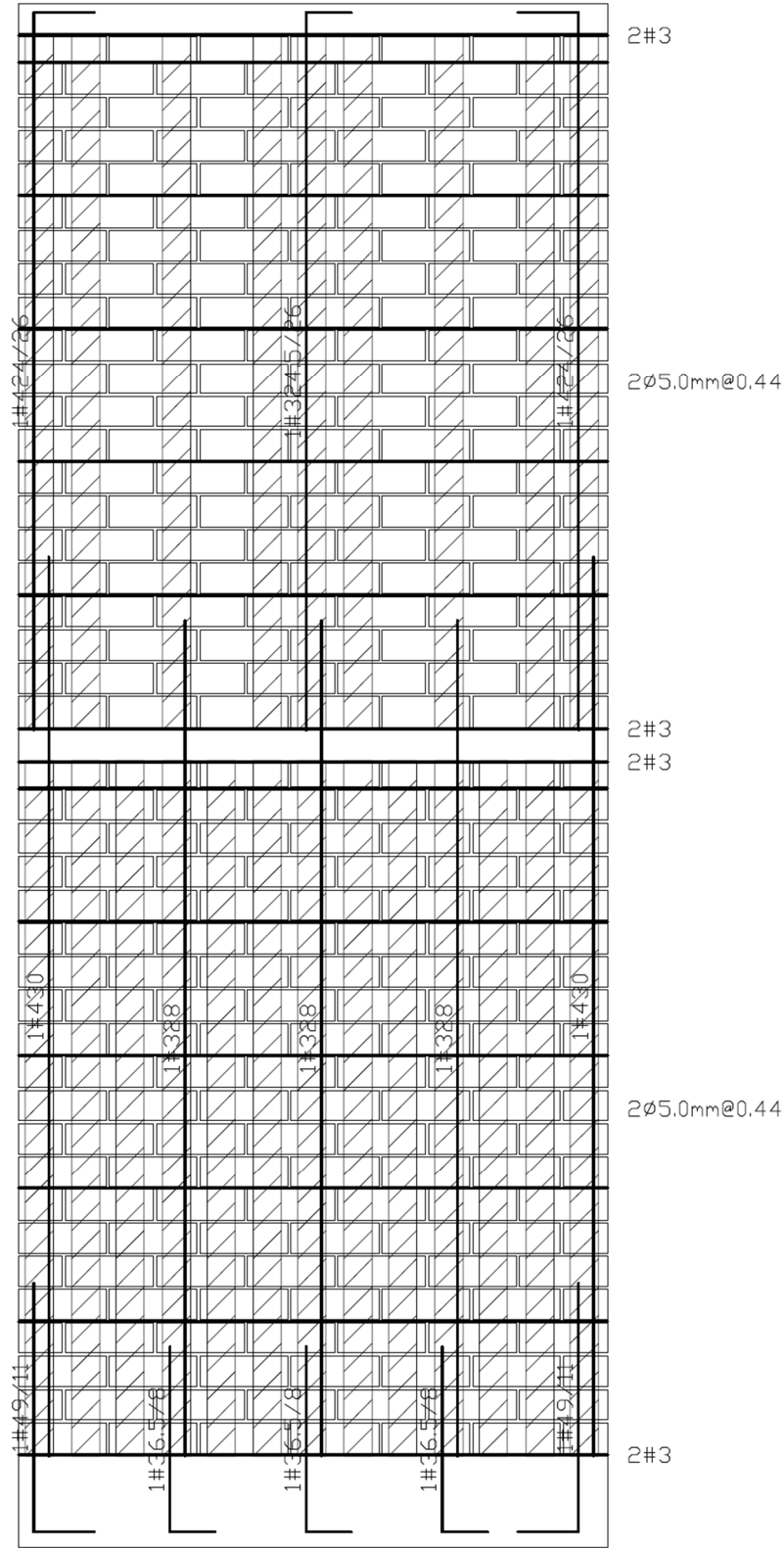
Fuente. DIMEST.

- **Alzadas**

Al igual que las plantas estructurales, las alzadas utilizan las dimensiones de bloque y longitudes de muro definidas por el usuario. El objetivo de las alzadas es mostrar el despiece del refuerzo vertical en el muro y la distribución de las celdas con mortero de relleno en los diferentes pisos.

La Figura 48 muestra un ejemplo de la alzada de un muro de mampostería estructural en formato DXF

Figura 48. Ejemplo alzada muro estructural (DXF)



5.7.6. Importar Refuerzo

Hasta ahora DIMEST ha sido una herramienta que ha intentado reproducir de la forma más fiel posible lo que el usuario modelo con el programa de análisis estructural, manteniendo los espesores de muros planteados por el usuario. Pero en ocasiones es imposible mantener los espesores de muro del programa de análisis debido a que el diseño del muro en mampostería estructural no cumpliría con alguno de los requisitos de norma.

Cuando ha sido necesario modificar el espesor de los muros estructurales diseñados, se recomienda realizar estas mismas modificaciones en el programa de análisis estructural, ya que la respuesta de la estructura con variaciones de rigidez en algunos de sus elementos podría variar considerablemente respecto a la inicial.

Para no perder todo el trabajo realizado en distribución de refuerzo vertical, horizontal y celdas con mortero de relleno, DIMEST ofrece la opción de importar el refuerzo que se tenga guardado en un proyecto de diseño de muros en mampostería, es decir, el usuario puede nuevamente cargar los datos de geometría y solicitaciones obtenidos después de modificar el modelo de análisis como un nuevo proyecto e inmediatamente importar el refuerzo del proyecto en el que venía trabajando, siempre y cuando no se haya variado la cantidad y longitud de los muros en el modelo.

Una vez se ha importado el refuerzo del proyecto anterior, se recomienda utilizar la herramienta de Tabla de Resultados para evaluar inmediatamente el estado de los muros anteriormente diseñados bajo las nuevas condiciones de carga y así realizar las modificaciones necesarias.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Se desarrolló una herramienta computacional (DIMEST) para el diseño eficiente de muros en mampostería estructural de perforación vertical utilizando la metodología LRFD de la Norma Sismo-Resistente del 2010.
- Se desarrollaron herramientas de lectura de datos del programa de análisis ETABS 2015 con el fin de identificar la geometría, propiedades mecánicas y solicitaciones de los muros de un modelo estructural.
- Se desarrolló una interfaz gráfica que permitiera al usuario interactuar con el diseño del muro en mampostería estructural (refuerzo vertical, refuerzo horizontal, celdas con mortero de relleno...) y que permitiera simultáneamente evaluar el comportamiento a flexo-compresión y corte ante las combinatorias de diseño definidas por el usuario.
- Se desarrollaron herramientas que permitieran al usuario obtener memorias de cálculo, cantidades de obra y planos estructurales de los muros en mampostería estructural que se diseñaran utilizando las herramientas anteriormente descritas.

6.2. RECOMENDACIONES

DIMEST es un post-procesador que cumplió con su objetivo de tomar datos de un programa de análisis estructural y con base en ellos realizar el diseño de muros en mampostería estructural. Aun así, hay varios aspectos en los cuales se podría profundizar o ampliar el campo de acción de DIMEST, por ejemplo:

- DIMEST, en su versión 1.0., puede leer datos del programa de análisis ETABS 2015, aunque este programa es uno de los más utilizados en el medio, también se puede ampliar la cobertura a programas como RCB, SAP o similares.
- Aunque el enfoque principal de DIMEST es la Norma Sismo-Resistente Colombiana (NSR-10) también se puede ampliar las normas de diseño utilizadas al ACI 530-13 u otras normas de diseño en mampostería de la región.
- DIMEST es una herramienta cuya interfaz gráfica ha sido desarrollada 100% para bloques de mampostería estructural de perforación vertical, se

podrían desarrollar otros módulos de análisis y diseño que permitan a DIMEST trabajar con otros tipos de muros en mampostería como los muros confinados o los muros de cavidad reforzada.

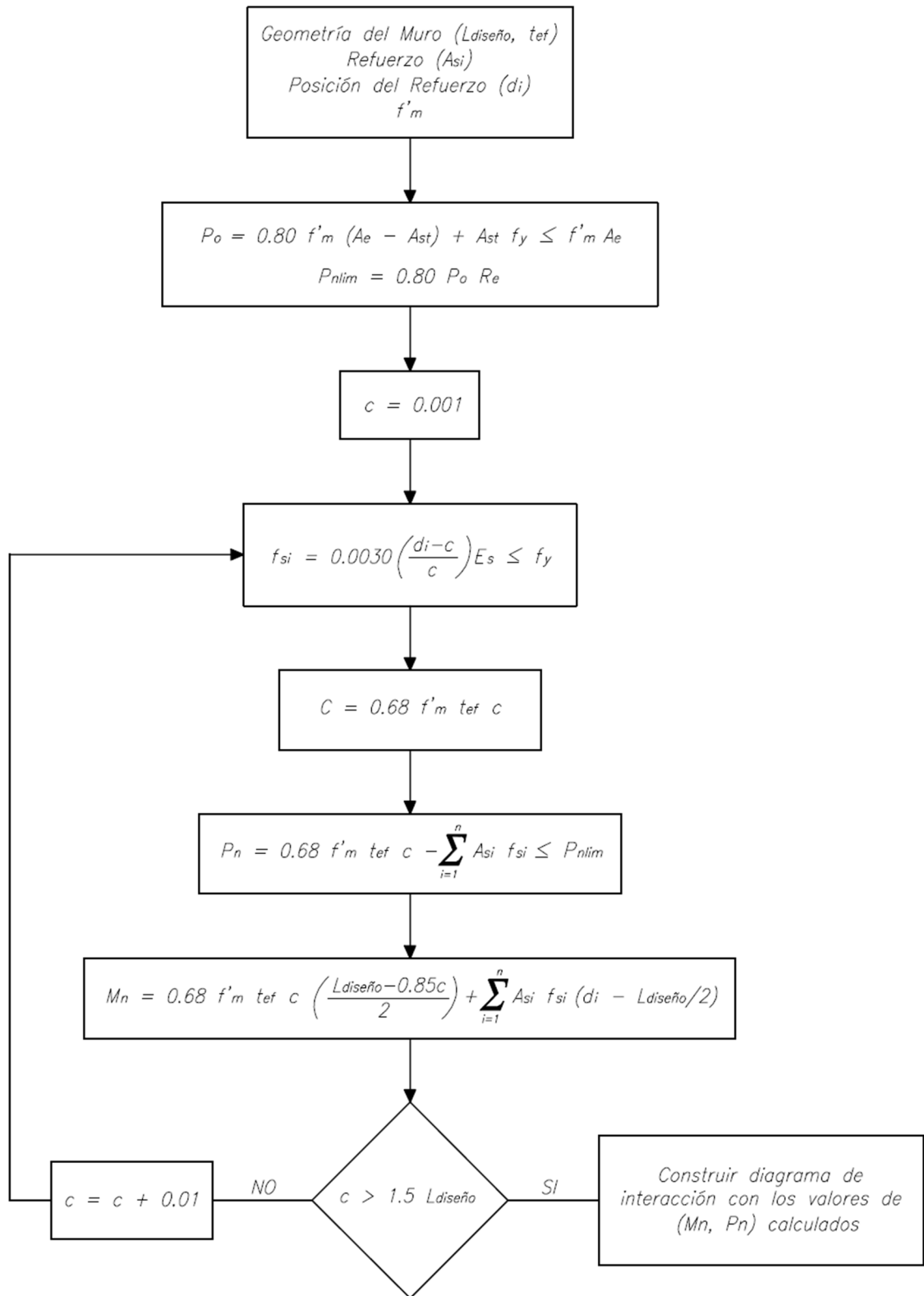
7. BIBLIOGRAFIA

- AGREDA, Yovany. Estudio comparativo de diseño de muros de mampostería reforzada mediante los procedimientos de control de esfuerzos y control de desplazamiento según la NSR-10 y el ACI 530-13. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 2015.
- ALVAREZ, Gustavo y CORENA, Julio. Guía para el diseño de edificaciones en mampostería estructural reforzada: Metodología de diseño por estados límites de resistencia. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 1999.
- ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manuales de ejemplo y ayudas de diseño del Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes CCCSR-84. Bogotá. Colombia. 1988. p. D-1-83.
- BEALL, Christine. Masonry design and detailing. Austin. USA. 2004.
- COLOMBIA. ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA. Ley 400 de 1997. Decreto 926 del 19 de Marzo de 2010. Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR-10. Título D. Bogotá. 2010.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE. Decreto 1400 (7 de Junio de 1984). Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes. CCCSR-84. Título D. Bogotá. Colombia. 1984.
- CYRIER, Willis. Performance of concrete masonry shear walls with integral confined concrete boundary elements. Washington State University. Washington. USA. 2012.
- ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. MASONRY STANDARDS JOINT COMMITTEE. Building Code Requirements for Masonry Structures ACI 530-08. USA. 2008.
- ESTADOS UNIDOS DE AMERICA. MASONRY STANDARDS JOINT COMMITTEE. Building Code Requirements for Masonry Structures ACI 530-11. USA. 2011.
- GONZALEZ, Juan y MADARIAGA, Gustavo. Programa para el análisis de edificaciones en mampostería estructural y su diseño de acuerdo a las normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR-98: Metodología de diseño por el estado límite de resistencia. Universidad del Valle. Cali. Colombia. 2000.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC-3495. Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de muretes de mampostería. Bogotá. Colombia. 2003.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC-4026. Unidades (Bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural. Bogotá. Colombia. 1997.

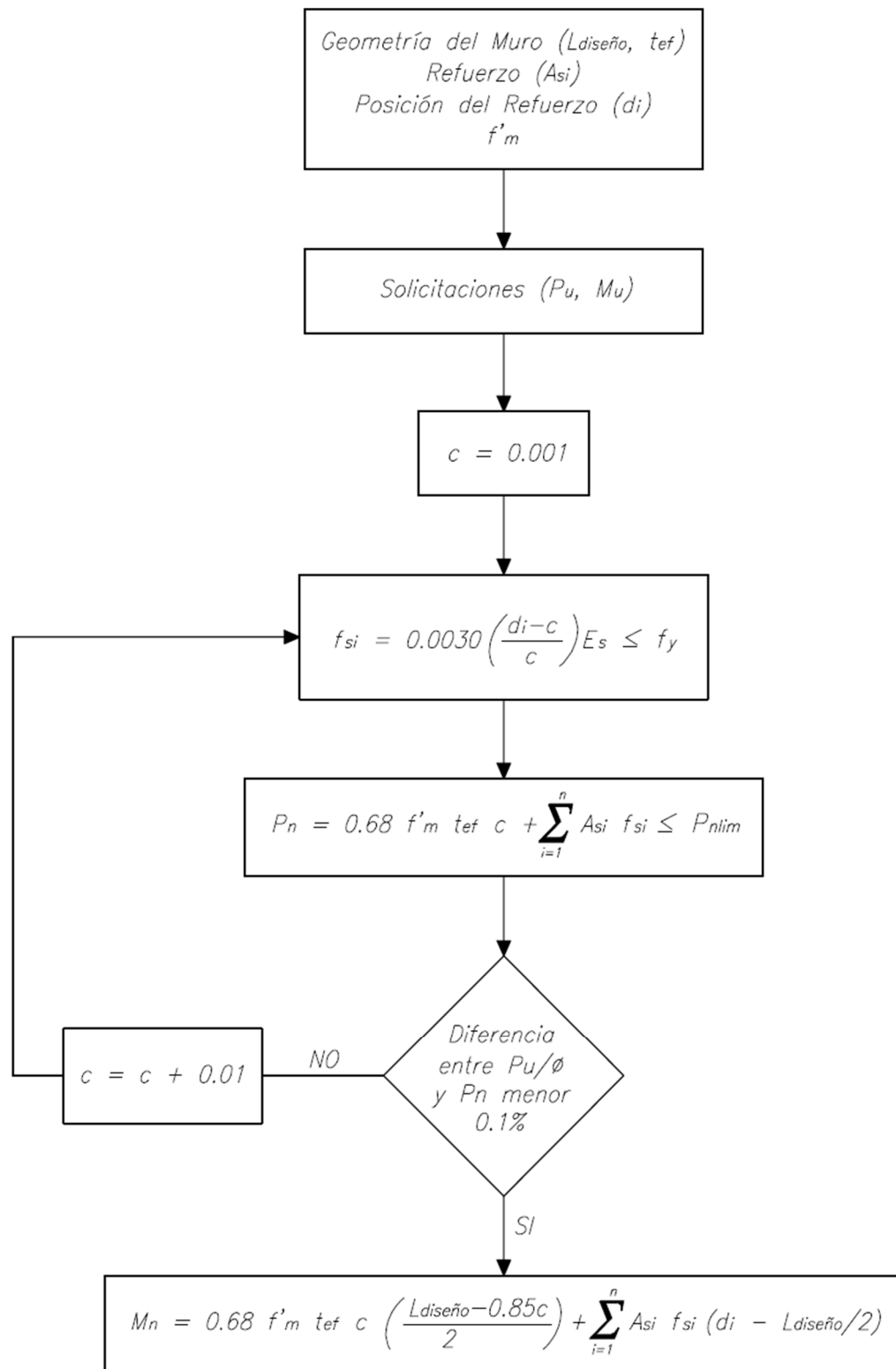
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION (ICONTEC). Norma Técnica Colombiana NTC-4205. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos. Bogotá. Colombia. 2000.
- KLINGNER, Richard. Masonry structural design. New York. USA. 2010.
- NAJAFGHOLIPOUR. Capacity interaction in brick masonry under simultaneous in-plane and out-of-plane loads. Shiraz University. Shiraz. Iran. 2011.
- NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. Seismic Design of Special Reinforced Masonry Shear Walls. Gaithersburg. USA. 2014.
- SANCHEZ, Carlos Alberto. Metodologías de diseño para edificaciones en mampostería estructural basadas en la norma colombiana de diseño y construcción sismo-resistente, NSR-98. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. Colombia. 2004.
- TALY, Narendra. Design of reinforced masonry structures. Los Angeles. USA. 2010.

ANEXO A
DIAGRAMAS DE FLUJO

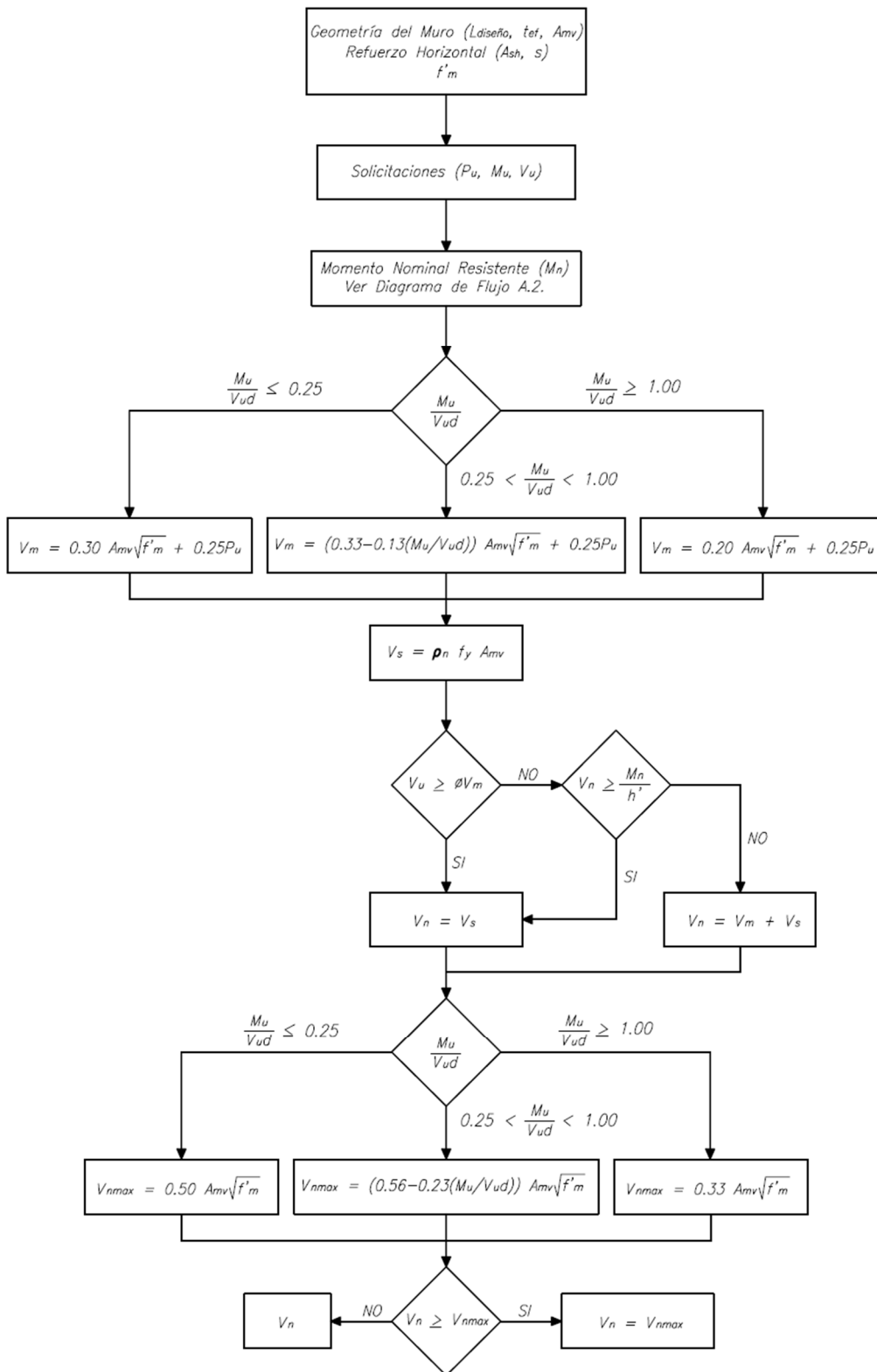
A.1. CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE INTERACCIÓN



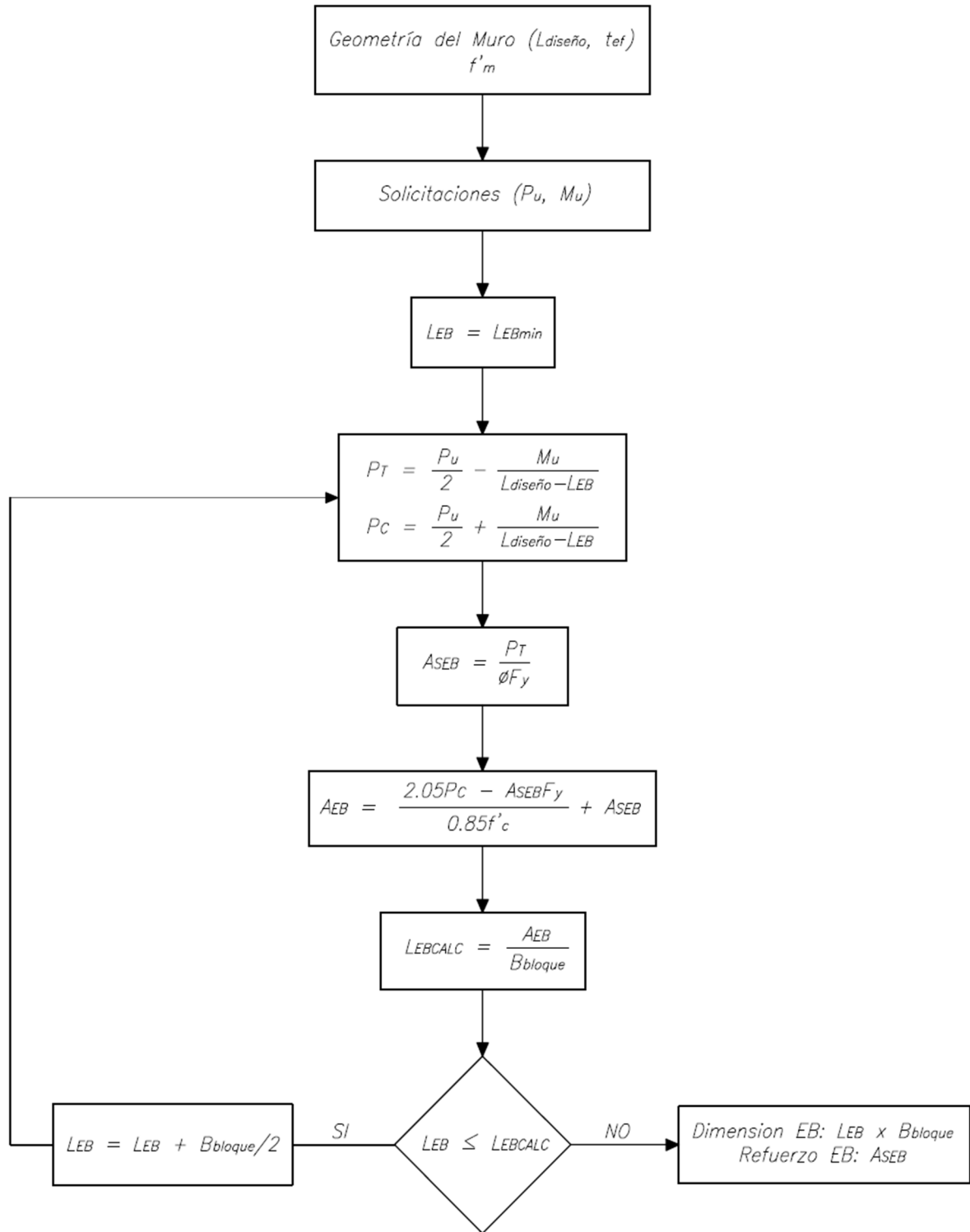
A.2. CÁLCULO DEL MOMENTO NOMINAL RESISTENTE (M_n)



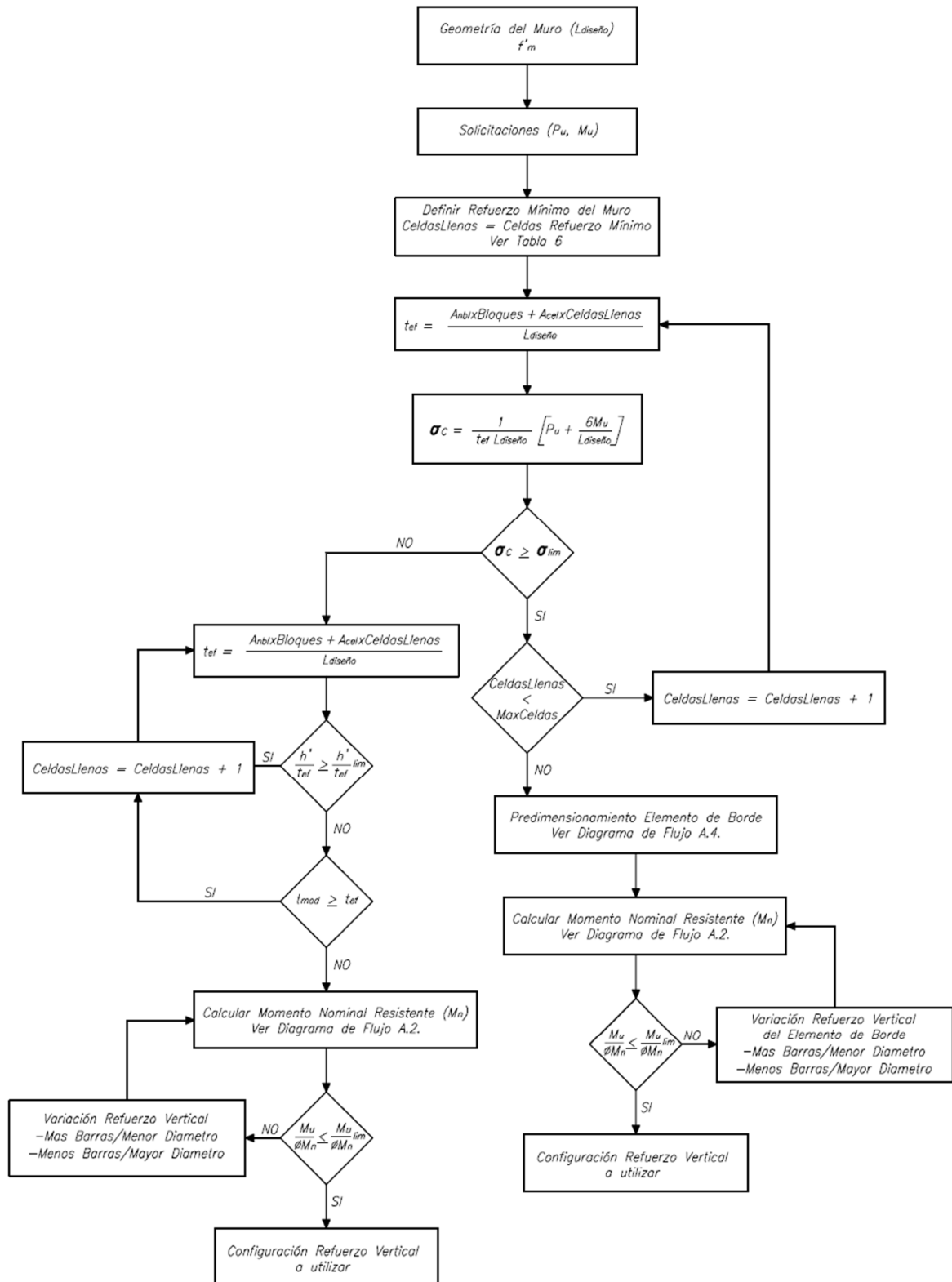
A.3. CÁLCULO DEL CORTANTE NOMINAL RESISTENTE (V_n)



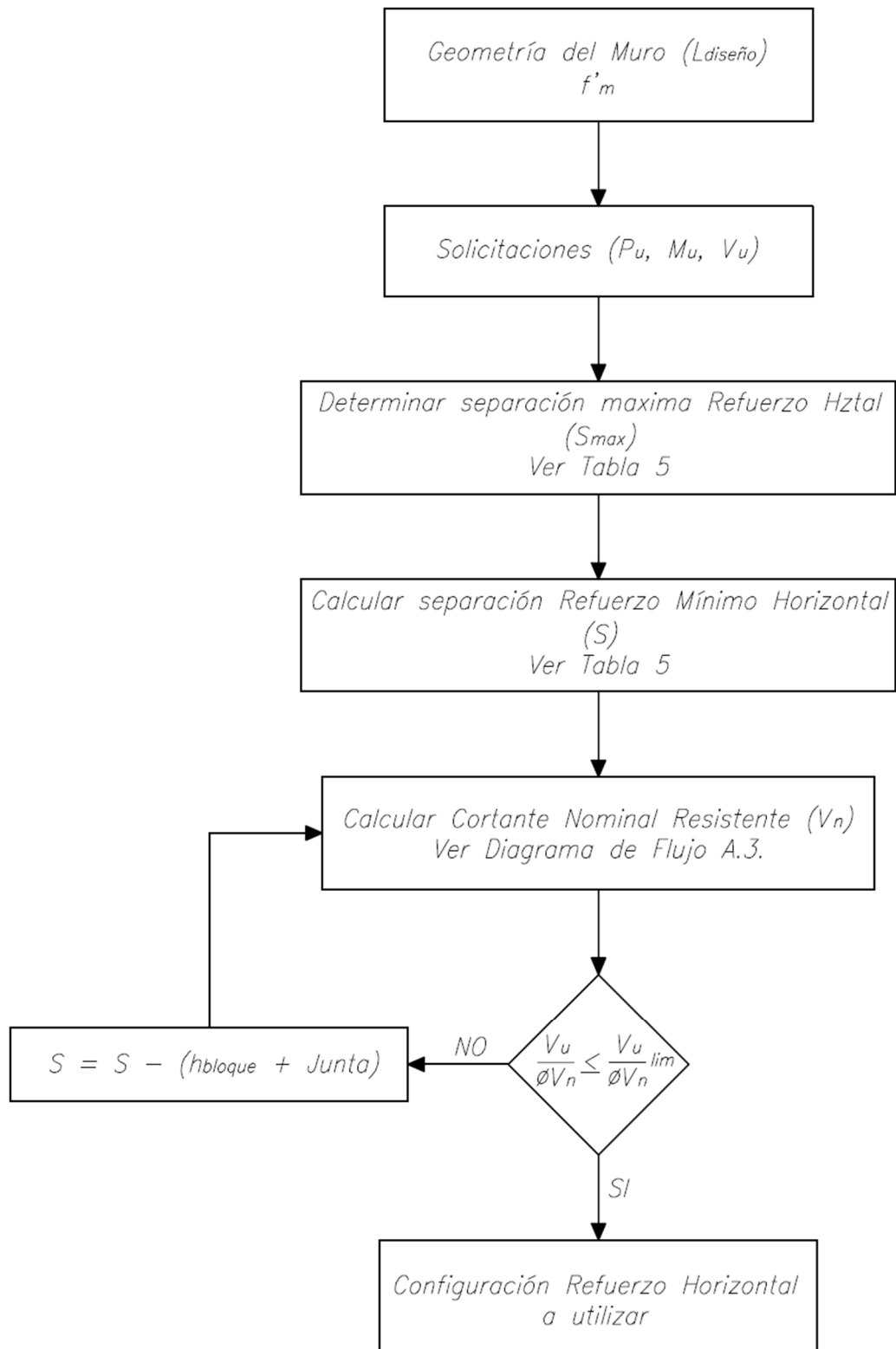
A.4. PREDIMENSIONAMIENTO DEL ELEMENTO DE BORDE



A.5. DISEÑO A FLEJO-COMPRESIÓN



A.6. DISEÑO A CORTE

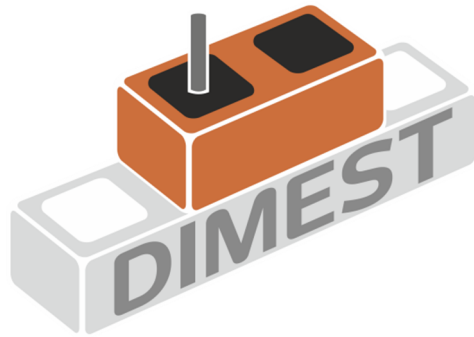


ANEXO B
MANUAL DE USUARIO

TABLA DE CONTENIDO

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA	118
VENTANA DE INICIO (ARRANQUE)	119
Nuevo proyecto...	120
Abrir proyecto existente...	123
VENTANA DE INICIO (PROYECTO)	125
Ventana de visualización del proyecto en planta	126
Propiedades del muro	126
Altura de vigas de entrepiso	127
MENÚ DE DEFINICIONES	128
Variables de diseño	128
Combinatorias de diseño	129
Disipación de energía	130
Sistema estructural	130
Diseño a flexión	131
Diseño a corte	131
Elemento de borde	131
Preferencias de diseño	132
Bloque estructural	133
Cantidad de celdas por muro	136
MENÚ DE ARCHIVO EN PROYECTO	138
Guardar proyecto como... / Guardar proyecto	138
Información del proyecto...	139
Cerrar proyecto	140
VENTANA DE INFORMACIÓN DETALLADA DEL MURO	141
Vista en planta del muro	143
Propiedades del muro	145
Diagrama de interacción	147

Solicitaciones y diseño	148
Chequeos	149
Elemento de borde	151
Alzada del muro	152
Diseño a flexo-compresión y corte	155
MENÚ DE DISEÑO	156
Diseño de muros	156
Tabla de resultados	159
Modificar columnas	163
Memorias de cálculo	164
Resumen de diseños	165
Reporte detallado de diseños	166
Cantidades de obra	168
Generar DXF	169
Importar refuerzo	171



DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

DIMEST es un post procesador para el diseño de muros en mampostería estructural de perforación vertical, el cual utilizando los resultados obtenidos de un programa de análisis estructural realiza su diseño utilizando la metodología LRFD descrita en el título D de la NSR-10.

DIMEST permite al diseñador generar un nuevo proyecto de diseño en el cual podrá interactuar con todos los muros del modelo estructural, modificarlos en geometría (longitud, dimensiones de bloque) y refuerzo (vertical y horizontal) y conocer inmediatamente el nivel de esfuerzo en el cual se encuentran o, si así lo desea, permitir que DIMEST automáticamente realice el diseño de todos los muros de acuerdo con los parámetros definidos por el diseñador.

DIMEST además genera un informe detallado de los diseños realizados, ya sea muro por muro o en una tabla resumen para todos los muros del proyecto. De igual forma DIMEST también genera las cantidades de obra generales, detalladas por muro y los listados de pedidos de refuerzo figurado.

Finalmente, DIMEST permite al diseñador generar planos en formato DXF de las plantas y alzadas de muros estructurales con sus respectivas dovelas de refuerzo y celdas con mortero de relleno ubicadas según los diseños (y modificaciones) realizadas en el proyecto.

VENTANA DE INICIO (ARRANQUE)

La ventana de inicio presenta al usuario el espacio donde se presentará la planta del modelo estructural que se trabajará en el proyecto de DIMEST.

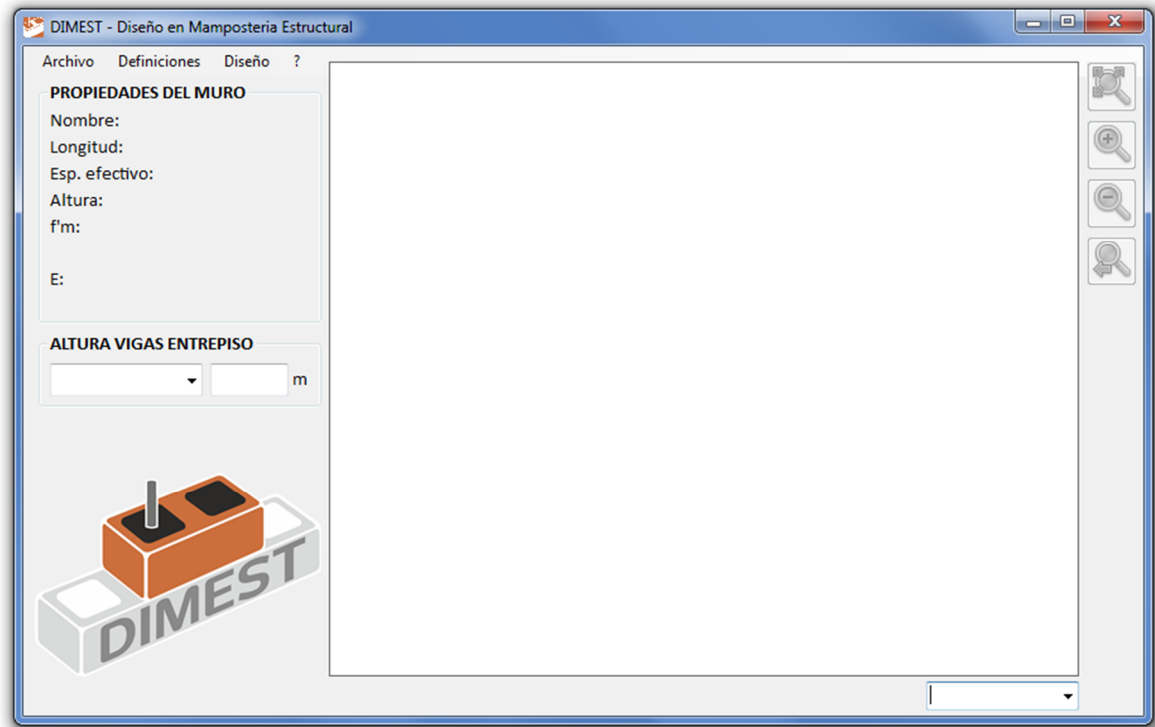


Figura 1. Ventana de inicio (Arranque).

Inicialmente el espacio de trabajo se encuentra en blanco y permite al usuario tres opciones (Ver Figura 2) en el menu de Archivo:

- Nuevo Proyecto...
- Abrir Proyecto Existente...
- Salir

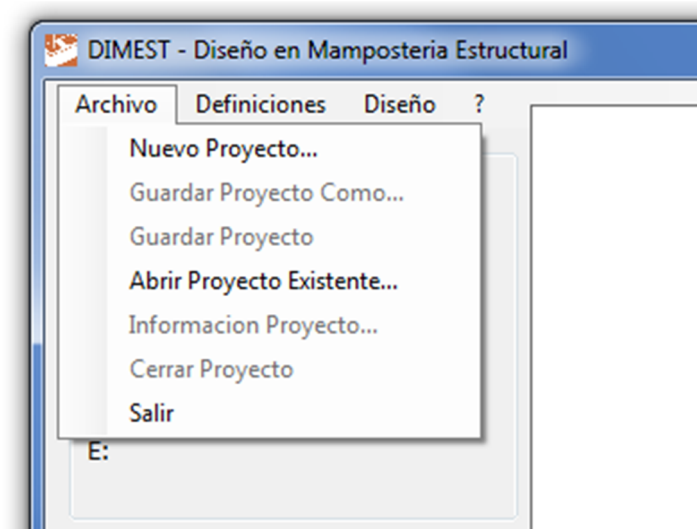


Figura 2. Menú de Archivo en arranque.

Nuevo Proyecto...

Para la construcción de la planta estructural en DIMEST es necesario obtener los siguientes datos del modelo estructural:

- Información de los ejes estructurales (Nombre y coordenadas)
- Información de los niveles de entrepiso (Nombre y alturas)
- Información de los materiales utilizados en el análisis (Nombre, resistencia a la compresión, módulo de elasticidad)
- Información de las propiedades de los muros definidos en el modelo (Tipo, espesor, material asociado)
- Información de los muros definidos en el modelo (Coordenada de arranque del muro, coordenada de finalización del muro, tipo de muro asociado)

Para la versión 1.0 de DIMEST se tienen las siguientes observaciones en el momento de definir los muros en el modelo estructural.

- Todos los elementos “Wall” deben estar asociados a un tipo de muro definido. (En el caso de ETABS 2015 esto indica que todos los muros deben estar asociados a un “Pier”) De lo contrario DIMEST dará por inválida la lectura del modelo.
- Todos los muros deben nacer del nivel Base, pueden ser interrumpidos en altura según el proyecto lo determine pero no pueden nacer en niveles superiores al nivel definido como Base.
- Todos los muros deben estar alineados con los ejes X y Y del modelo. DIMEST no reconoce en este momento muros en diagonal.

- Un muro no puede estar compuesto de varios tipos de muros en el mismo nivel, pero si puede variar en altura. Es decir, un muro no puede variar de espesor o de resistencia a la compresión en el mismo piso, pero sus propiedades si pueden cambiar de un piso a otro. En caso de que sea necesario variar sus propiedades se recomienda definirlos como dos muros diferentes.
- Se recomienda no definir nombres de muros no se van a utilizar. DIMEST declara como invalida la lectura del modelo si encuentra nombres de muros no utilizados.

Para la lectura de las solicitudes de los muros en DIMEST es necesario obtener los siguientes datos del modelo estructural:

- Carga axial en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar.
- Cortante paralelo al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar.
- Momento alrededor del eje perpendicular al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar.
- Cortante perpendicular al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar. (Opcional)
- Momento alrededor del eje paralelo al plano del muro en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar. (Opcional)
- Momento torsor en la base y parte superior del muro para las diferentes combinaciones de carga que se van a utilizar. (Opcional)

ETABS 2015 almacena la información referente al modelo (ejes, materiales, muros, coordenadas, configuración del muro) en el archivo .Set, el cual se actualiza cada vez que el modelo es grabado (sin necesidad de correrlo) y es generado automáticamente por el programa.

Las solicitudes de diseño deben ser generadas de forma independiente en una tabla de resultados una vez el programa es corrido. El procedimiento a seguir en ETBAS 2015 es:

- En el menú “Display” ir a la opción “Show Tables...”
- Esta opción nos lleva a la ventana “Choose Tables”. Desplegando las opciones que aparecen seguir la ruta “Tables” → “Analysis” → “Results” → “Wall Results” → “Pier Forces”. Seleccionar la opción “Pier Forces” y hacer click en “OK”

- Una vez ETABS 2015 genera la tabla de resultados hacer click derecho en el encabezado de la columna “Load/Case Combo”, en “Filters” seleccionar las combinaciones que desean utilizarse en el diseño. (Nota: Se recomienda llevar solo las combinaciones que en realidad se desean utilizar para que DIMEST corra de la forma más eficiente posible. Sin embargo, DIMEST permite seleccionar las combinatorias que desea utilizar en el diseño)
- Una vez sea definida la tabla con las combinaciones de diseño deseadas (No modificar los filtros de las otras columnas) se debe exportar la tabla a Excel. Hacer click derecho en la tabla y seleccionar la opción “Export to Excel”.
- Sin realizar modificaciones en la hoja de cálculo de Excel grabarlo como archivo CSV (delimitado por comas) (*.csv)

Este archivo de extensión .csv es el archivo que leerá DIMEST para identificar las solicitudes de los muros del modelo y así realizar su diseño.

Cuando se escoge la opción “Nuevo Proyecto...” en DIMEST se solicitan el archivo de información del modelo estructural (*.Set) (Ver Figura 3) y el archivo de solicitudes (*.csv) (Ver Figura 4) con los cuales DIMEST generará las vistas en planta del modelo y asignará las respectivas cargas a cada muro.

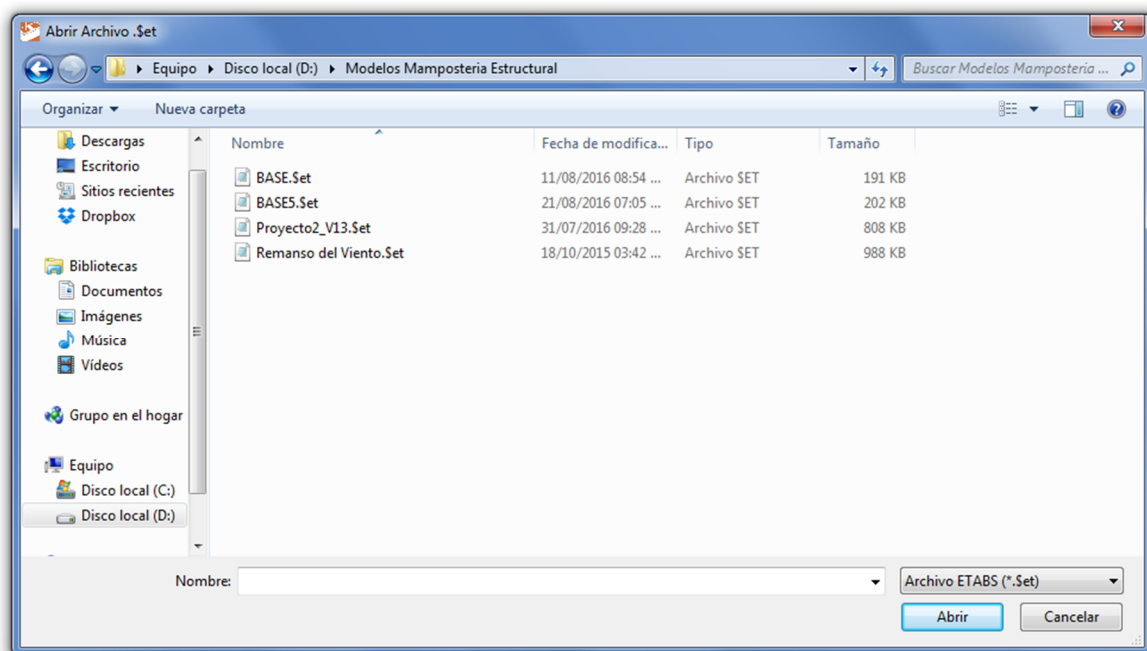


Figura 3. Lectura archivo de información del modelo estructural (*.Set)

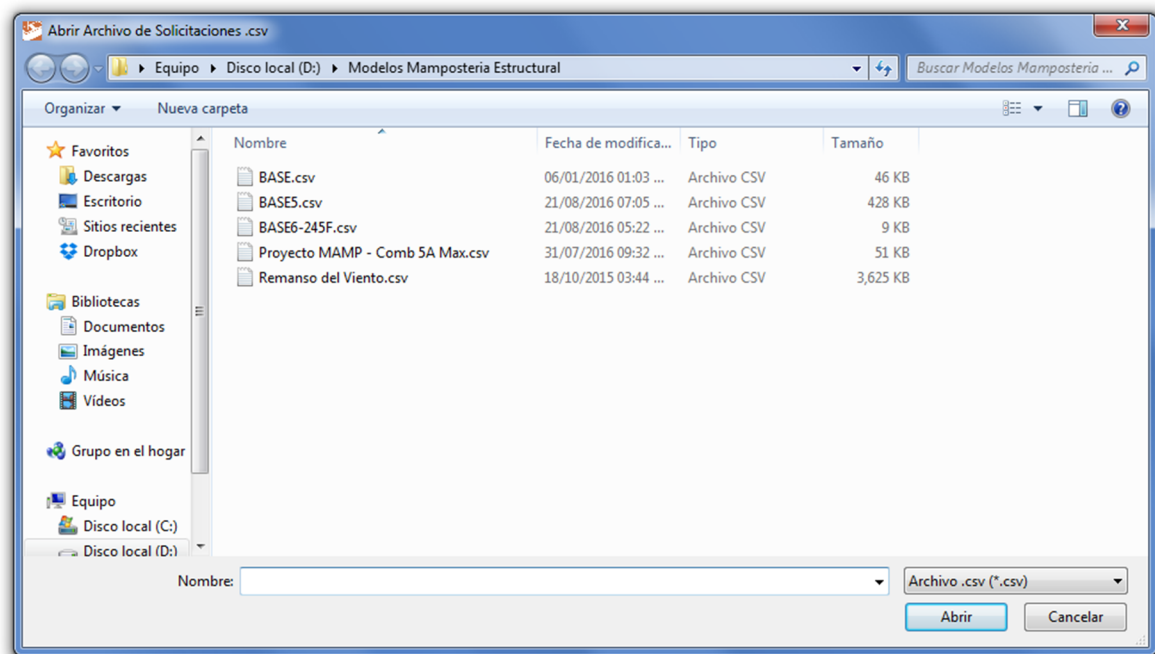


Figura 4. Lectura archivo de solicitudes (*.csv)

Abrir Proyecto Existente...

DIMEST permite al usuario guardar el trabajo realizado (modelo y solicitudes importadas, diseño de muros, modificación de refuerzos...) tal como se verá en la opción de Guardar Proyecto. En la opción “Abrir Proyecto Existente...” DIMEST preguntara al usuario por el archivo de guardado de un proyecto de DIMEST (*.dms) (Ver Figura 5) para que el usuario pueda continuar con la elaboración de su proyecto de diseño en mampostería estructural.

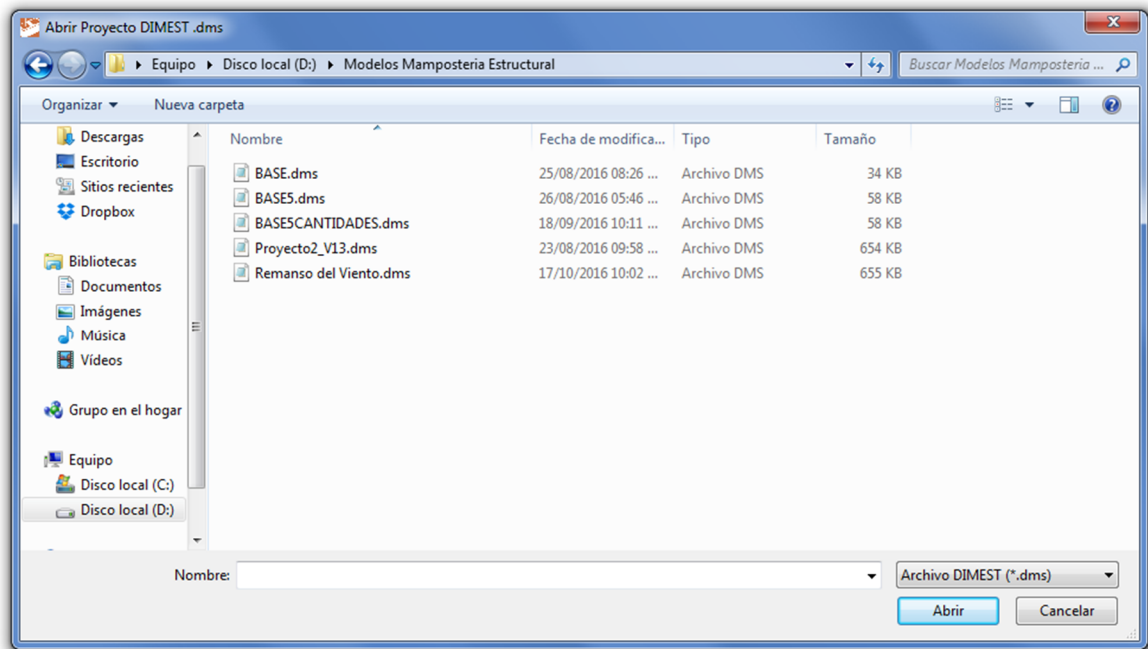


Figura 5. Lectura archivo de guardado proyecto DIMEST (*.dms)

VENTANA DE INICIO (PROYECTO)

Una vez se ha cargado un proyecto en DIMEST (Ya sea por nuevo proyecto o proyecto existente) se presenta una vista en planta del primer piso del modelo leído y las propiedades del primer muro definido en el modelo.

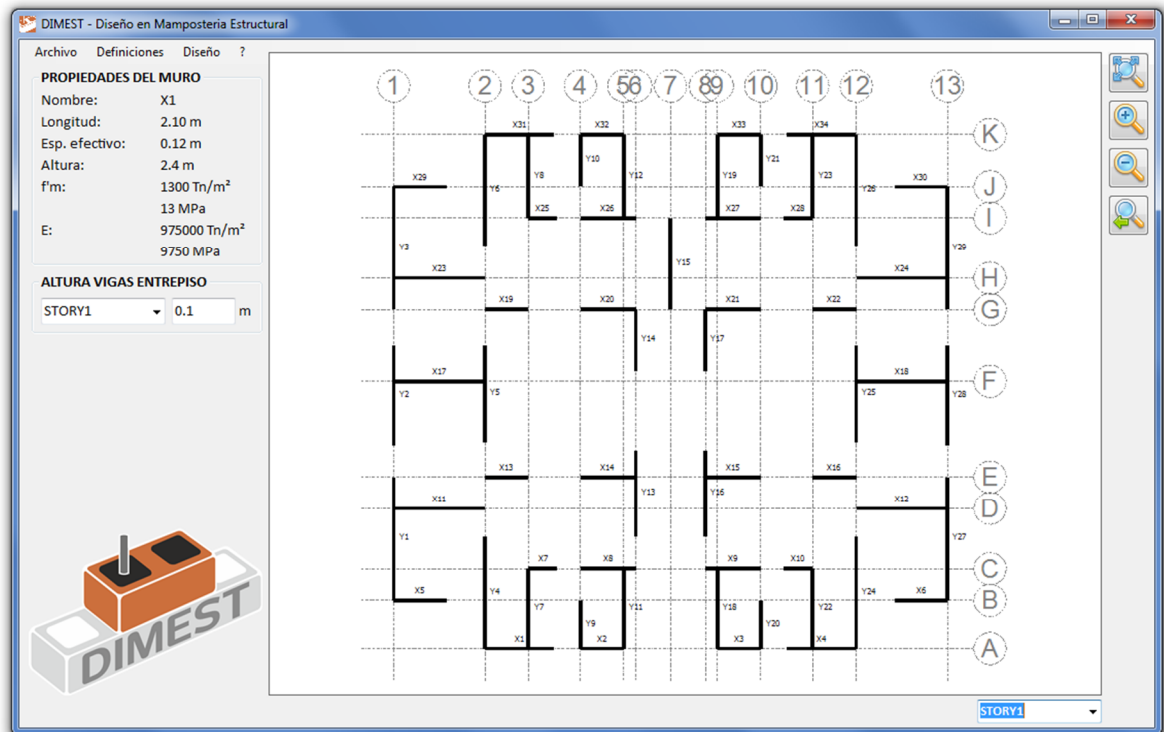


Figura 6. Ventana de inicio (Proyecto)






En la ventana de inicio se encuentra compuesta por tres partes diferenciadas de la siguiente forma:

- Ventana de visualización del proyecto en planta
- Propiedades del muro
- Altura de vigas de entrepiso

Ventana de visualización del proyecto en planta.

En la ventana principal se puede apreciar una vista en planta donde se marcan los ejes estructurales del modelo con sus respectivos nombres y los muros estructurales que conforman el modelo (no se marcan vigas, columnas ni similares) con la longitud y espesor real definida en el modelo. Los nombres que aparecen al lado de cada muro corresponden al nombre dado al pier para cada muro en ETABS 2015.

Además de la ventana principal de visualización se cuenta con los siguientes componentes:

	Selector del nivel mostrado en la planta estructural, el nombre del nivel corresponde al nombre dado en el modelo estructural
	Zoom total. Con esta opción se regresa a la vista general del modelo donde se puede ver el modelo completo
	Acercar. Con esta opción se puede hacer un acercamiento a la zona indicada.
	Alejar. Con esta opción se puede hacer un alejamiento a la zona indicada.
	Vista previa. Con esta opción se regresa a la vista anterior a la última modificación, sea acercamiento, alejamiento o zoom total.

Propiedades del muro

En el cuadro de propiedades del muro se muestran las principales propiedades de cada muro leído del modelo:

- **Nombre:** Corresponde al nombre del pier dado en el modelo a cada muro.
- **Longitud:** Corresponde a la longitud ajustada del muro de acuerdo con el número de celdas que se asigne a cada muro.

- **Espesor:** Corresponde al espesor asignado al muro en el modelo, no al espesor efectivo calculado del muro después de modificar sus celdas llenas.
- **Altura:** Corresponde a la altura de piso definida en el modelo estructural, medida a cotas superiores de entrepisos.
- **f'_m :** Corresponde a la resistencia a la compresión de la mampostería estructural definida para cada muro en Tn/m^2 y MPa.
- **E:** Corresponde al módulo de elasticidad de la mampostería estructural definida para cada muro en Tn/m^2 y MPa.

Para ver las propiedades de otro muro basta con hacer click izquierdo una vez sobre el muro deseado y se mostraran sus propiedades en el cuadro de Propiedades del Muro (El muro seleccionado se resaltará en color rojo).

Altura de vigas de entrepiso

En este cuadro se define la altura de las vigas de entrepiso que luego será usada en cálculos como la altura de pandeo del muro, además esta altura se verá reflejada en las alzadas de los muros y sus respectivos despieces.

La altura de las vigas de entrepiso es constante para todo el piso y no es necesaria modificarla muro por muro.

MENU DE DEFINICIONES

Una vez se ha cargado un nuevo proyecto se recomienda pasar por el menú de definiciones (Ver Figura 7), este menú se encuentra compuesto por:

- Variables de Diseño
- Bloque Estructural
- Cantidad de Celdas por Muro

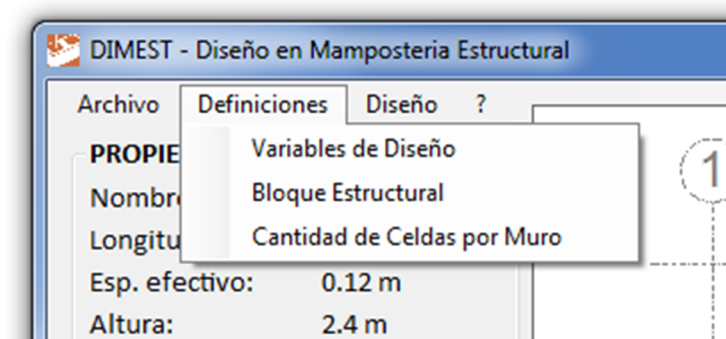


Figura 7. Menú de definiciones

Variables de Diseño

La ventana de variables de diseño (Ver Figura 8) se encuentra compuesta por siete secciones diferenciadas de la siguiente forma:

- Combinatorias de Diseño
- Disipación de Energía
- Sistema Estructural
- Diseño a Flexión
- Diseño a Corte
- Elemento de Borde
- Preferencias de Diseño

Variables de Diseño

COMBINATORIAS DE DISEÑO

- ☒ COMB1
- ☒ COMB2 Max
- ☒ COMB2 Min
- ☒ COMB2A Max
- ☒ COMB2A Min
- ☒ COMB3 Max
- ☒ COMB3 Min
- ☒ COMB3A Max
- ☒ COMB3A Min
- ☒ COMB4 Max
- ☒ COMB4 Min

Todos Ninguno

DISIPACIÓN DE ENERGIA

☐ DMI
 ☒ DMO
 ☐ DES

Ver Mapa

SISTEMA ESTRUCTURAL

☒ Capitulo D.7 (NSR-10)
 ☐ Capitulo D.8 (NSR-10)

Aceptar Cancelar

DISEÑO A FLEXIÓN

fy [MPa]: 420 ϕ_f : 0.6 Mu/ ϕ Mn max: 0.95

DISEÑO A CORTE

fy [MPa]: 420 ϕ_v : 0.6 Vu/ ϕ Vn max: 0.95

☐ Incluir Rotula Plastica

ELEMENTO DE BORDE

f'c [MPa]: 21 Ec [MPa]: 18840

Long. Min. [Celdas]: 2 Long. Max.: Lmuro/ 4

Maximo Esfuerzo a Compresión [D.5.8.5.]

Capitulo D.7.: 0.2 f'm Capitulo D.8.: 0.3 f'm

Modo de Calculo Espesor Efectivo

☒ Área Equivalente
 ☐ Rigidez Equivalente

PREFERENCIAS DE DISEÑO

Diámetro de Barra [#] - Mínimo: 3 Máximo: 6

Relación h/tef: 25 Altura Cimentación: 0.3

Modo de Diseño

☒ Mayores Diámetros / Menor Cantidad de Barras
 ☐ Menores Diámetros / Mayor Cantidad de Barras

Figura 8. Ventana de Variables de Diseño

Combinatorias de Diseño

En este cuadro se pueden seleccionar las combinatorias que se desean que formen parte del proceso de diseño de los muros; las combinatorias que aparecen aquí son todas las que fueron exportadas del modelo estructural al archivo .csv de solicitudes.

Es recomendable solo exportar las combinatorias con las que se desea diseñar para que DIMEST trabaje de la forma más eficiente posible.

Disipación de Energía

En este cuadro se seleccionará el nivel de disipación de energía con el cual se diseñará el proyecto. Es necesario definir el nivel de disipación de energía porque algunos requisitos de los muros de mampostería estructural reforzada o parcialmente reforzada varían dependiendo del nivel de disipación de energía con el cual se diseñaran los muros.

Cuando se hace click en Aceptar, DIMEST evalúa las opciones que se seleccionaron y las compara con los criterios de la NSR-10, en caso de que algunas de las opciones no sean compatibles entre ellas (por ejemplo, seleccionar disipación de energía DES y sistema estructural de mampostería parcialmente reforzada) DIMEST mostrará un mensaje de error indicando la incongruencia seleccionada (Ver Figura 9).

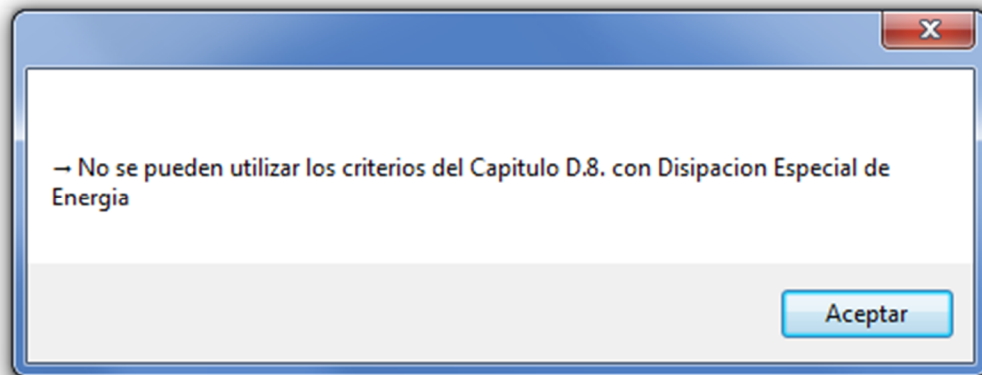


Figura 9. Mensaje de incompatibilidad en las selecciones de las variables de diseño.

Sistema Estructural

En este cuadro se seleccionará el tipo de sistema estructural con el cual se diseñará el proyecto. Se presentan dos opciones, mampostería estructural de perforación vertical reforzada cubierta por el Título D.7. de la NSR-10 y mampostería estructural de perforación vertical parcialmente reforzada cubierta por el Título D.8. de la NSR-10.

Es necesario definir el tipo de sistema estructural porque algunos requisitos de diseño varían dependiendo del sistema estructural seleccionado.

Cuando se hace click en Aceptar, DIMEST evalúa las opciones que se seleccionaron y las compara con los criterios de la NSR-10, en caso de que algunas de las opciones no sean compatibles entre ellas (por ejemplo, seleccionar disipación de energía DES y sistema estructural de mampostería parcialmente reforzada) DIMEST mostrará un mensaje de error indicando la incongruencia seleccionada (Ver Figura 9).

Diseño a Flexión

En el cuadro de diseño a flexión se cuenta con las siguientes opciones:

- **f_y [MPa]:** Resistencia a la fluencia del acero vertical de refuerzo.
- **ϕ_f :** Coeficiente de reducción de resistencia a la flexo compresión. Este valor viene predeterminado en 0.60 de acuerdo con D.5.1.5.
- **$M_u/\phi M_{n \max}$:** Esta relación se refiere al valor máximo de la relación momento requerido / momento de diseño de acuerdo con D.5.8.3. que se utilizará en el diseño automático de muros.

Diseño a Corte

En el cuadro de diseño a corte se cuenta con las siguientes opciones:

- **f_y [MPa]:** Resistencia a la fluencia del acero horizontal de refuerzo.
- **ϕ_v :** Coeficiente de reducción de resistencia al corte. Este valor viene predeterminado en 0.60 de acuerdo con D.5.1.5.
- **$V_u/\phi V_{n \max}$:** Esta relación se refiere al valor máximo de la relación cortante requerido / cortante de diseño de acuerdo con D.5.8.4. que se utilizará en el diseño automático de muros.
- **Rotula Plástica:** DIMEST incluye el chequeo de Rotula Plástica en su rutina de cálculo de resistencia a cortante del muro de mampostería estructural, pero el chequeo de rotula plástica depende directamente de la relación entre momento nominal resistente y cortante nominal resistente de la sección el cual varía no solo por el refuerzo horizontal a corte sino también por el refuerzo vertical y las celdas con mortero de relleno, por lo tanto el diseño automático a corte del muro no se realiza cuando el chequeo de Rotula Plástica está activado y debe ser realizado directamente por el usuario en el cuadro de detallado del muro.

Elemento de Borde

En el cuadro de Elemento de Borde se cuenta con las siguientes opciones:

- **f'_c [MPa]:** Resistencia a la compresión del concreto del elemento de borde.
- **E_c [MPa]:** Modulo de elasticidad del concreto del elemento de borde.
- **Longitud Mínima Elemento de Borde [Celdas]:** Este valor se refiere a la longitud mínima que podrá tener un elemento de borde en el momento de realizar el diseño automático del muro y que este lo requiera. Como la longitud de los muros es variable se da su tamaño mínimo en términos del número de celdas que ocuparía medido longitudinalmente.
- **Longitud Máxima Elemento de Borde:** Este valor se refiere a la longitud máxima que podrá tener un elemento de borde en el momento de realizar el diseño automático del muro y que este lo requiera. Como la longitud de los muros es variable se da su tamaño máximo como el número n máximo de partes en que se podría partir el muro para ser reemplazadas por un elemento de borde. No se permiten valores inferiores o iguales a 2 ya que esto representaría que el muro está completamente hecho en concreto.
- **Máximo esfuerzo a compresión:** La norma NSR-10 en D.5.8.5. especifica los límites máximos de esfuerzo a la compresión a los que podrá estar sometido un muro de mampostería estructural antes de requerir la presencia de un elemento de borde en sus extremos.
Estos límites máximos son dados como un porcentaje de la resistencia a la compresión de la mampostería tanto para muros de mampostería estructural reforzados y parcialmente reforzados. Aunque se tienen predeterminados estos valores de acuerdo con D.5.8.5., DIMEST permite al diseñador modificar estos porcentajes de acuerdo con su criterio.
- **Modo de Cálculo del Espesor Efectivo:** DIMEST realiza el cálculo de un muro de mampostería estructural con elemento de borde utilizando la analogía de un muro de mampostería de área equivalente o de rigidez equivalente.

Preferencias de Diseño

En el cuadro de Preferencias de Diseño se cuenta con las siguientes opciones:

- **Diámetro de Barra:** Aquí el usuario puede definir los diámetros mínimos y máximos a utilizar en el diseño automático de muros de mampostería.
- **Relación h/t_{ef} :** De acuerdo con D.5.4.3.1. la relación entre altura efectiva y espesor efectivo no puede ser superior a 25 en muros de mampostería estructural. DIMEST permite al diseñador modificar el valor máximo de esta relación ya que el diseño automático de muros utiliza este valor como uno de los requisitos para determinar el número de celdas llenas de los muros.
- **Altura Cimentación:** La altura de la cimentación es requerida por DIMEST para determinar la longitud de las dovelas de arranque del refuerzo vertical,

este valor se verá reflejado en cantidades de obra, despieces y alzadas de muros.

- **Modo de Diseño:** En el diseño automático de muros DIMEST toma en cuenta dos principios en el momento de determinar en qué forma debe incrementar el refuerzo vertical cuando el muro así lo requiera, el primer método mantiene el número de barras pero incrementa el diámetro de las mismas de acuerdo con la necesidad, mientras que el segundo método mantiene el diámetro de las barras pero incrementa su cantidad de acuerdo con la necesidad.

Bloque Estructural

La ventana de Bloque Estructural (Ver Figura 10) permite al usuario modificar el tipo de bloque y sus dimensiones de acuerdo con las necesidades del proyecto:

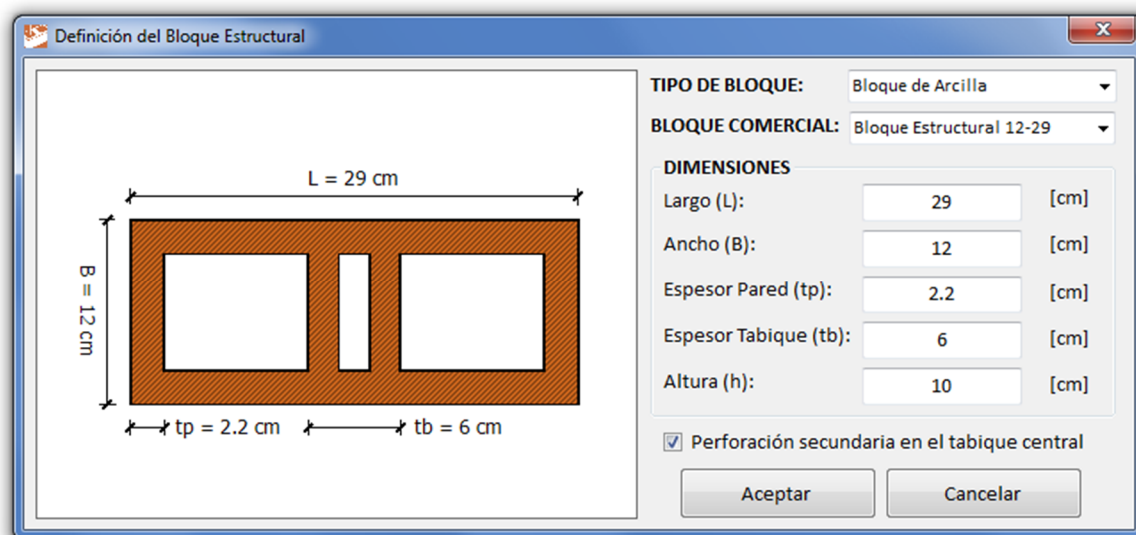


Figura 10. Ventana de definición del Bloque Estructural

Las opciones con las que se cuenta para modificar el bloque de mampostería estructural son:

- **Tipo de bloque:** Aquí se define si el bloque de mampostería estructural de perforación vertical que se utilizara en el proyecto es de arcilla o concreto.
- **Bloque Comercial:** De acuerdo con el tipo de bloque seleccionado DIMEST ofrece una serie de opciones de bloques comerciales que el usuario puede evaluar. En caso de que el bloque no se encuentre en la

base de datos se puede modificar sus dimensiones con las siguientes opciones.

- **Largo (L) [cm]:** Dimensión longitudinal del bloque estructural (Ver Figura 11).
- **Ancho (B) [cm]:** Dimensión transversal del bloque estructural (Ver Figura 11).
- **Espesor Pared (tp) [cm]:** Espesor de las paredes que rodean las celdas del bloque estructural (Ver Figura 11).
- **Espesor Tabique (tb) [cm]:** Espesor de la pared central que divide las celdas (Ver Figura 11).
- **Altura (h) [cm]:** Altura del bloque estructural.
- **Perforación secundaria en el tabique central:** Perforación secundaria en el tabique central del bloque que no lleva mortero de relleno ni refuerzo. DIMEST advierte que al activar esta opción no se podrá conseguir un espesor equivalente de valor B así se llenen todas las celdas del muro estructural.

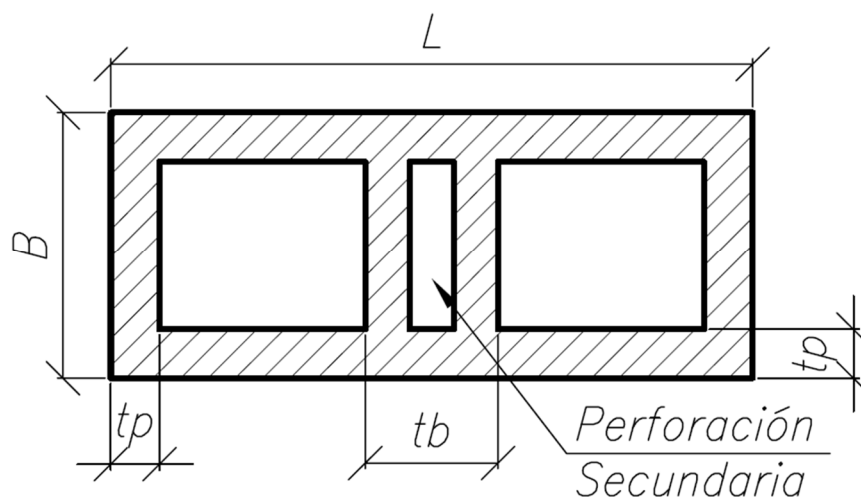


Figura 11. Dimensiones del Bloque Estructural.

Conforme el usuario varia cualquiera de las dimensiones del bloque estructural, DIMEST actualiza la ventana de visualización del bloque estructural con las medidas reales definidas por el usuario.

En el momento de dar click en el botón Aceptar, DIMEST realiza un chequeo de las dimensiones del bloque de acuerdo con los requerimientos de D.3.6.4.

- El área de las celdas verticales de la pieza de mampostería en posición normal, no puede ser mayor que el 65% del área de la sección transversal.
- Las celdas verticales u horizontales continuas en donde se coloque refuerzo no pueden tener una dimensión menor de 50 mm, ni menos de 3000 mm² de área.
- Las paredes externas e internas no pueden tener un espesor menor que el establecido en la tabla D.3.6-1. De la NSR-10
- Las unidades de perforación vertical en arcilla cocida pueden tener perforaciones secundarias en las paredes, distintas a las celdas principales y paralelas a ellas. Estas perforaciones en las paredes no pueden tener una dimensión transversal mayor de 20 mm ni pueden estar a menos de 10 mm del borde de la pared perforada.

En caso de que no se cumpla con alguno de estos requerimientos DIMEST mostrara un mensaje de error con los diferentes problemas que se presentan (Ejemplo en Figura 12)

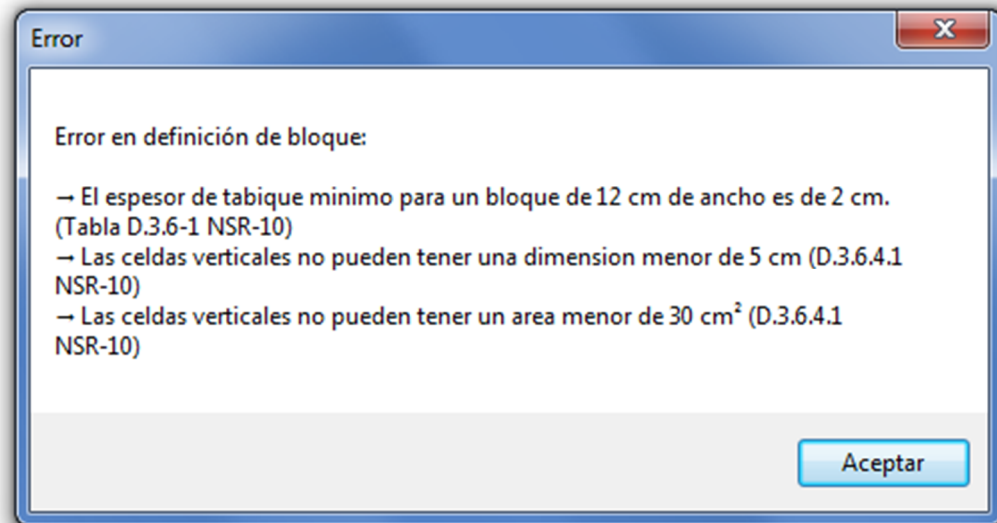


Figura 12. Ejemplo de error en definición del bloque estructural.

Si el bloque estructural no presenta ningún error en sus dimensiones, DIMEST mostrará la siguiente advertencia:

“Al presionar Aceptar se redistribuirán las dimensiones de los muros con los nuevos tamaños de bloque y se perderán todas las modificaciones y diseños realizados. ¿Desea continuar?”

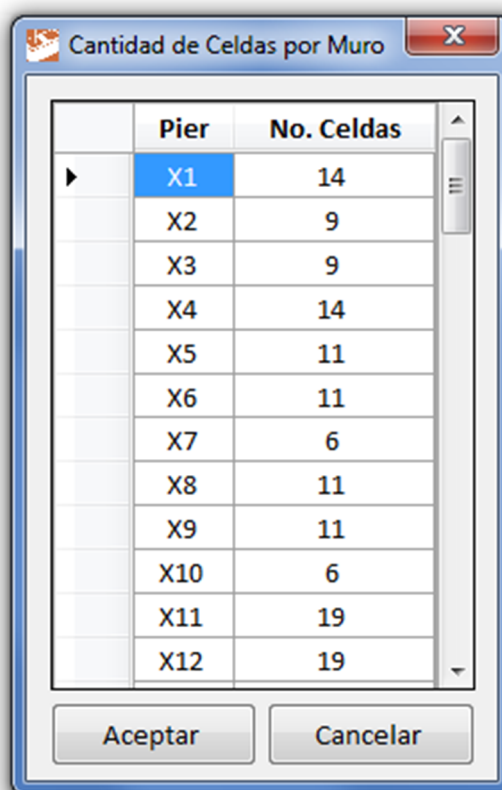
Al realizar cualquier cambio en las dimensiones del bloque estructural, DIMEST tomará nuevamente las longitudes del muro del modelo y aproximará nuevamente al número de celdas que más se aproxime a la dimensión del modelo.

Esta nueva distribución borrará cualquier diseño, refuerzo o relleno de celdas que se haya realizado con anterioridad a esta modificación y lo reemplazará por el refuerzo mínimo de norma de acuerdo con el sistema estructural seleccionado en las variables de diseño. Es por este motivo que se recomienda realizar la definición del bloque antes de realizar cualquier diseño o modificación de los muros.

Cantidad de Celdas por Muro

Una vez realizada la definición del bloque estructural, DIMEST realizará la redistribución de las dimensiones de los bloques en los muros del modelo estructural. Cuando hay cruces de muros perpendiculares entre ellos es bastante común que la medida del modelo varíe respecto a la real ya que la medida del muro en el modelo se toma a eje y no tiene en cuenta la superposición de los muros en los cruces, es por este motivo que el usuario debe revisar la cantidad de celdas que DIMEST está asignando a cada muro para así poder conseguir un diseño acorde con la verdadera longitud del muro y para que los despieces, cantidades, alzadas y plantas estructurales sean lo más precisos posibles.

La ventana de Cantidad de Celdas por Muro (Ver Figura 13) permite al usuario modificar la cantidad de celdas asignadas a cada muro. Al igual que con la definición del bloque estructural, el modificar la cantidad de celdas de un muro borra el diseño, refuerzo y celdas con mortero de relleno para todos los pisos de ese muro y lo reemplazará por el refuerzo mínimo de norma de acuerdo con el sistema estructural seleccionado en las variables de diseño, por este motivo se recomienda realizar este chequeo antes de realizar algún diseño o modificación en los muros.



The image shows a software window titled "Cantidad de Celdas por Muro" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). Inside the window is a table with two columns: "Pier" and "No. Celdas". The table contains 12 rows of data. The first row, "X1", is highlighted in blue. Below the table are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

	Pier	No. Celdas
▶	X1	14
	X2	9
	X3	9
	X4	14
	X5	11
	X6	11
	X7	6
	X8	11
	X9	11
	X10	6
	X11	19
	X12	19

Aceptar Cancelar

Figura 13. Ventana de Cantidad de Celdas por Muro

MENU DE ARCHIVO EN PROYECTO

Una vez se ha iniciado un nuevo proyecto o se ha cargado uno existente se habilitan nuevas opciones en el menú de archivo (Ver Figura 14) como lo son:

- Guardar Proyecto Como... / Guardar Proyecto
- Información Proyecto...
- Cerrar Proyecto

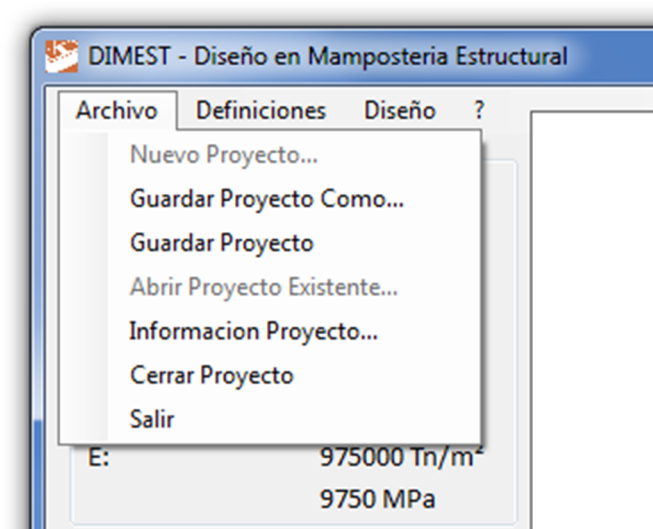


Figura 14. Menú de Archivo en Proyecto

Guardar Proyecto Como... / Guardar Proyecto

DIMEST permite al usuario generar un archivo de guardado (*.dms) el cual contiene la siguiente información del proyecto:

- Geometría y propiedades del modelo estructural leído.
- Solicitaciones actuantes sobre los muros.
- Variables de diseño.
- Definición del bloque estructural.
- Distribución de refuerzo vertical, horizontal y elementos de borde definidos para cada muro estructural.
- Información del proyecto (cliente, diseñador...).

En la opción “Guardar Proyecto Como...” o “Guardar Proyecto” DIMEST preguntara al usuario donde desea generar el archivo de guardado del proyecto (*.dms) (Ver Figura 15).

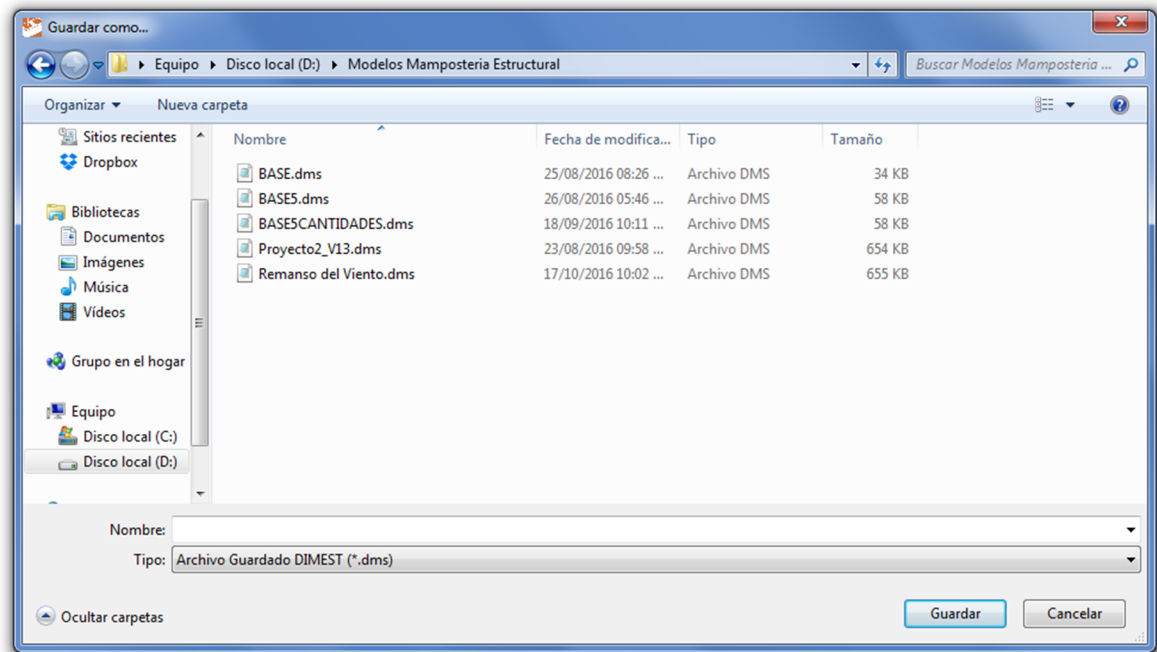


Figura 15. Generar archivo de guardado de proyecto DIMEST (*.dms)

Información del Proyecto...

En la opción “Información Proyecto...” se realizan las siguientes definiciones (Ver Figura 16):

- Nombre del Proyecto
- Código del Proyecto
- Nombre del Cliente
- Empresa Diseñadora
- Ingeniero Diseñador
- Ingeniero Revisor

Información del Proyecto

INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del Proyecto: Nombre Proyecto

Codigo del Proyecto: OBXXXX

Nombre del Cliente: Nombre Cliente

INFORMACIÓN DEL DISEÑADOR

Empresa Diseñadora: Empresa Diseñadora

Ingeniero Diseñador: Ingeniero Diseñador

Ingeniero Revisor:

Aceptar Cancelar

Figura 16. Ventana de Información del Proyecto.

Esta información será utilizada en las páginas de presentación de memorias de diseño y de reportes de cantidades de obra.

Cerrar Proyecto

Al seleccionar la opción “Cerrar Proyecto”, DIMEST se reiniciará perdiendo toda la información del proyecto en el que se estaba trabajando y quedará en la Ventana de Inicio (Arranque).

VENTANA DE INFORMACIÓN DETALLADA DEL MURO

La ventana de información detallada del muro (Ver Figura 17) es una de las herramientas más útil e informativa de DIMEST, en ella el usuario puede:

- Modificar las celdas que llevan mortero de relleno.
- Modificar el refuerzo vertical del muro.
- Modificar el refuerzo horizontal del muro (Tipo, diámetro, separación)
- Ver las propiedades geométricas del muro.
- Modificar la resistencia a la compresión y módulo de elasticidad del muro.
- Observar las solicitaciones de diseño para cada combinación de carga.
- Calcular el momento nominal resistente, cortante nominal resistente, esfuerzo máximo a la compresión e índices de sobreesfuerzo para cada combinación de carga con la configuración de refuerzo vertical y horizontal definida por el usuario.
- Identificar las combinaciones críticas a flexión y corte y sus respectivos índices de sobreesfuerzo.
- Realizar los chequeos de cuantías de refuerzo vertical y horizontal según el sistema estructural seleccionado.
- Evaluar la necesidad de elementos de borde en los extremos del muro, y en caso de necesitarlos la dimensión mínima y cantidad de acero necesaria.
- Asignar elementos de borde de dimensiones y refuerzo definidos por el usuario.
- Evaluar el Diagrama de Interacción del muro en cada sentido con la configuración de refuerzo vertical suministrada por el usuario y observar el comportamiento de las solicitaciones que actúan sobre el muro.
- Observar la alzada completa del muro estructural con los refuerzos modificados por el usuario en tiempo real para así identificar rápidamente la continuidad de celdas con mortero de relleno y refuerzos verticales.
- Obtener cantidades (en peso) y listados de refuerzos discriminados por tipo de barra del refuerzo vertical del muro estructural, actualizándose en tiempo real con las modificaciones hechas por el usuario.
- Realizar el diseño automático a flexo compresión y corte de todo el muro estructural.

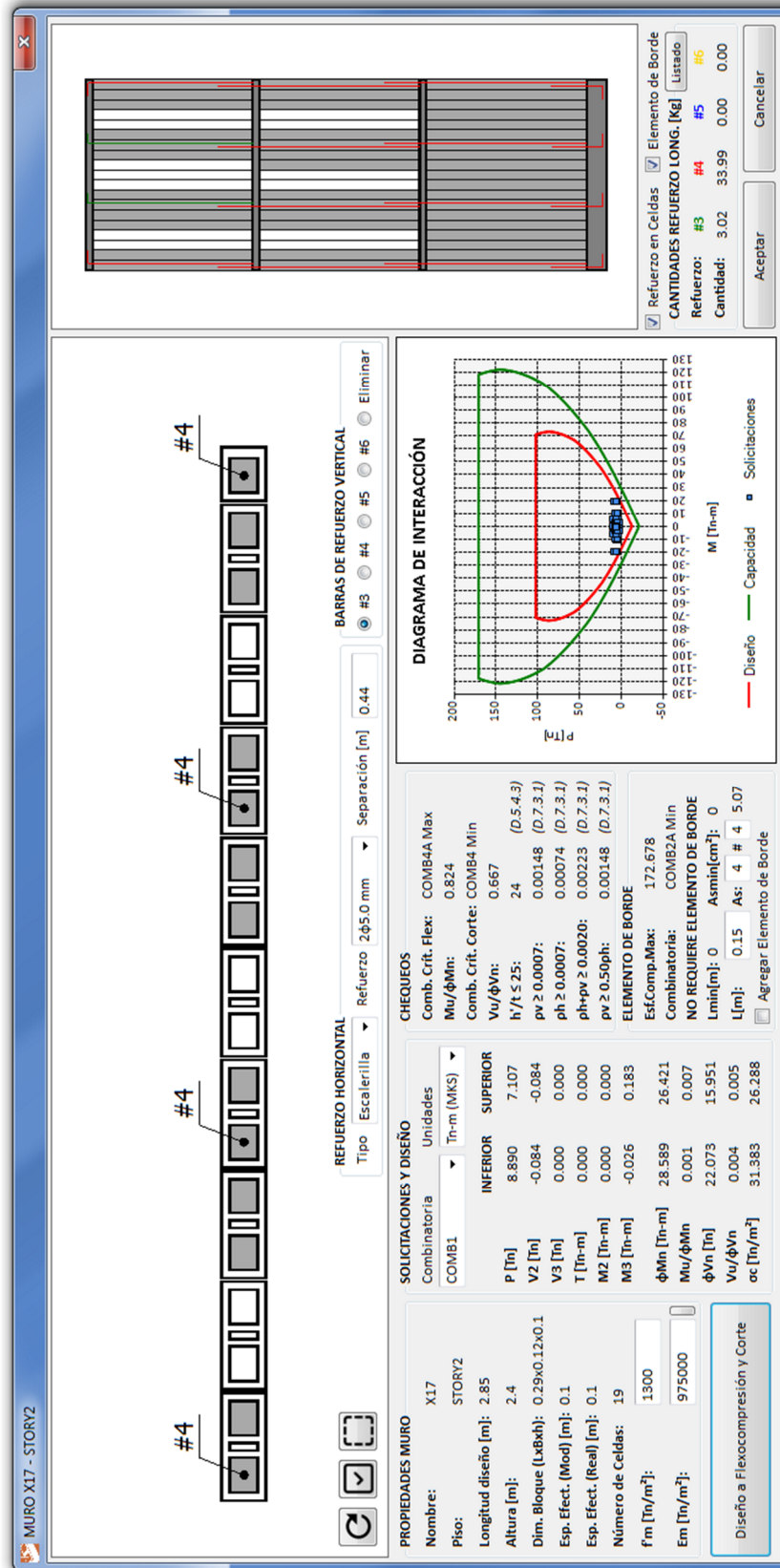


Figura 17. Ventana de información detallada del muro.

La ventana de información detallada del muro se encuentra compuesta por ocho secciones diferenciadas de la siguiente forma:

- Vista en planta del muro.
- Propiedades del muro.
- Diagrama de interacción.
- Solicitaciones y diseño.
- Chequeos.
- Elemento de Borde.
- Alzada del muro.
- Diseño a flexo compresión y corte.

Vista en planta del muro

En la vista en planta del muro se tiene una representación con dimensiones reales del muro estructural (Ver Figura 18), el bloque estructural dibujado (incluyendo espesor de paredes, tamaño de celdas, perforaciones secundarias,...) corresponde a las medidas definidas por el usuario en la definición del bloque estructural.

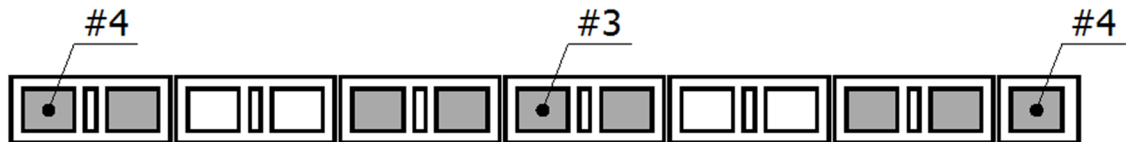


Figura 18. Ejemplo de vista en planta del muro.

En esta vista el usuario puede interactuar directamente con el refuerzo vertical y las celdas con mortero de relleno. Para agregar (o eliminar) el mortero de relleno de una celda basta con hacer click izquierdo sobre ella, del mismo modo, para agregar (o modificar/eliminar) una barra de refuerzo vertical basta con hacer click derecho sobre la celda donde se desea agregar el refuerzo. La definición del refuerzo vertical que se está agregando se hace seleccionando previamente el diámetro de barra en la sección de “Barras de refuerzo vertical” (Ver Figura 19).

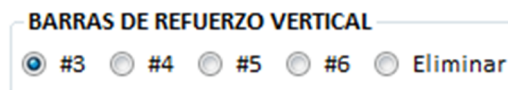


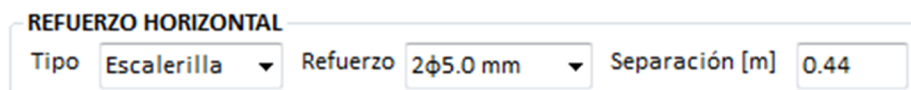
Figura 19. Barras de refuerzo vertical.

Si se desea modificar una barra de refuerzo vertical existente se debe primero seleccionar el nuevo diámetro de barra en la sección de “Barras de refuerzo vertical” y luego hacer click derecho sobre la barra que se desea modificar; si se selecciona “Eliminar” se eliminara la barra sobre la que se haga click derecho.

Nota: Toda barra de refuerzo vertical debe llevar su respectiva celda con mortero de relleno, DIMEST automáticamente rellena la celda una vez se adiciona un refuerzo vertical.

En esta ventana también se puede modificar el refuerzo horizontal del muro, en la sección de “Refuerzo horizontal” (Ver Figura 20) se puede escoger:

- **Tipo:** DIMEST permite al usuario escoger entre refuerzo horizontal en escalerilla o en bloque viga.
- **Refuerzo:** Para refuerzo en escalerilla se pueden seleccionar diámetros de grafites entre 4.00 mm y 5.00 mm los cuales son los únicos permitidos de acuerdo con D.4.2.2.2. En el caso de utilizar refuerzo en Bloque Viga se puede seleccionar diámetros de barras de #3 - #6.
- **Separación [m]:** El usuario puede modificar la separación vertical del refuerzo horizontal según su criterio, DIMEST automáticamente aproxima la separación ingresada por el usuario a la más cercana dependiendo de la altura del bloque con el fin de tener separaciones reales de refuerzo. DIMEST además chequea el refuerzo ingresado con los límites máximos dependiendo del sistema estructural y tipo de refuerzo seleccionado.



REFUERZO HORIZONTAL

Tipo Escalerilla ▼ Refuerzo 2φ5.0 mm ▼ Separación [m] 0.44

Figura 20. Selección del refuerzo horizontal

El modificar las celdas con mortero de relleno o el refuerzo vertical/horizontal del muro en cualquier de sus celdas actualiza automáticamente los cálculos de momento nominal resistente, cortante nominal resistente, índices de sobreesfuerzo, chequeos de cuantías, diagrama de interacción, alzada del muro, despiece y listado de refuerzos.

DIMEST permite al usuario llenar las celdas según su criterio e inmediatamente conocer que espesor equivalente de muro tiene, o igualar el espesor equivalente utilizado en el modelo estructural de forma automática realizando el diseño automático del muro. De igual forma el usuario puede modificar los refuerzos

verticales y horizontales de forma rápida y conocer de inmediato si está cumpliendo con los diseños a flexo compresión y corte (O puede realizar el diseño automático del muro a flexo compresión y corte), o con los requerimientos extra del sistema estructural utilizado, además con la vista en alzada del muro el usuario puede verificar la continuidad del mortero de relleno y refuerzo de forma inmediata sin necesidad de estar pasando a otros pisos a evaluarla.

Además de la ventana de vista en planta del muro se cuenta con los siguientes componentes:



Actualizar. Actualiza las vistas en planta y alzada del muro estructural.



Celdas llenas. Atajo que llena todas las celdas del muro estructural con mortero de relleno.



Celdas vacías. Atajo que elimina el mortero de relleno de todas las celdas que no tengan refuerzo vertical.

Propiedades del muro

En el cuadro de Propiedades del muro (Ver Figura 21) se cuenta con la siguiente información:

- **Nombre:** Nombre del pier que fue asignado a este muro en el modelo de análisis estructural.
- **Piso:** Nombre del nivel del muro estructural que se está evaluando. Este nombre corresponde al dado al nivel en el modelo de análisis estructural.
- **Longitud de Diseño [m]:** Esta longitud corresponde a la longitud del muro que se está utilizando en los diseños y que es calculada según la cantidad de celdas del muro y la longitud definida del bloque estructural ($L_{\text{diseño}}$). No corresponde a la longitud del muro en el modelo de análisis estructural.
- **Altura [m]:** Altura real del muro de mampostería estructural, calculada como la altura de piso definida en el modelo de análisis menos la altura de vigas de entrepiso definida en la ventana de inicio.
- **Dimensión del Bloque:** Dimensiones del bloque estructural definidas en la ventana de "Bloque Estructural".
- **Espesor Efectivo (Modelo) [m]:** Espesor del muro estructural según su definición en el modelo de análisis.

- **Espesor Efectivo (Real) [m]:** Espesor efectivo real del muro estructural tomando en cuenta las dimensiones reales de celdas y la cantidad de celdas con mortero de relleno del muro.

Se define el espesor efectivo real del muro (t_{ef}) por medio de la siguiente ecuación:

$$t_{ef} = \frac{A_{nbl} \times \text{Numero Bloques} + A_{cel} \times \text{Numero Celdas Llenas} + \text{Juntas}}{L_{diseño}}$$

A_{nbl} : Área neta solida del bloque estructural

A_{cel} : Área de celda

$L_{diseño}$: Longitud de diseño

- **Numero de celdas:** Numero de celdas del muro de mampostería estructural según fue definido en la ventana de “Cantidad de Celdas por Muro”.
- **f'_m (Unidades consistentes):** Resistencia a la compresión de la mampostería estructural. Este valor viene predeterminado por la resistencia a la compresión del material asociado al muro en el modelo de análisis estructural, DIMEST permite al usuario modificar este valor para realizar el chequeo del muro con diferentes características de los materiales.
- **E_m (Unidades consistentes):** Modulo de elasticidad de la mampostería estructural. Este valor viene predeterminado por el módulo de elasticidad del material asociado al muro en el modelo de análisis estructural, DIMEST permite al usuario modificar este valor para realizar el chequeo del muro con diferentes características de los materiales.

Al lado derecho de esta propiedad se tiene un botón que calcula automáticamente el módulo de elasticidad basándose en la resistencia a la compresión de la mampostería utilizando la ecuación D.5.2-2 o D.5.2-3 según el tipo de bloque utilizado.

PROPIEDADES MURO	
Nombre:	X17
Piso:	STORY2
Longitud diseño [m]:	2.85
Altura [m]:	2.4
Dim. Bloque (LxBxh):	0.29x0.12x0.1
Esp. Efect. (Mod) [m]:	0.1
Esp. Efect. (Real) [m]:	0.1
Número de Celdas:	19
f'_m [Tn/m ²]:	<input type="text" value="1300"/>
E_m [Tn/m ²]:	<input type="text" value="975000"/>

Figura 21. Propiedades del muro

Diagrama de interacción.

DIMEST construye el diagrama de interacción para el muro estructural (Ver Figura 22) teniendo en cuenta el espesor efectivo real del muro y la posición exacta del refuerzo vertical. El diagrama de interacción se construye en ambas direcciones del muro con el fin de tener en cuenta el comportamiento del muro cuando el refuerzo no es simétrico o se concentra hacia los extremos del muro, es común calcular los diagramas de interacción con distribuciones uniformes de refuerzo pero en la realidad es difícil lograr este tipo de distribuciones ya que es necesario coordinar la posición de las barras con los pisos superiores y esto lleva al desplazamiento de las mismas, o es necesario desplazar una barra para que coincida con la intersección de un muro perpendicular o simplemente es necesario dejar una celda vacía y sin refuerzo por requisitos constructivos.

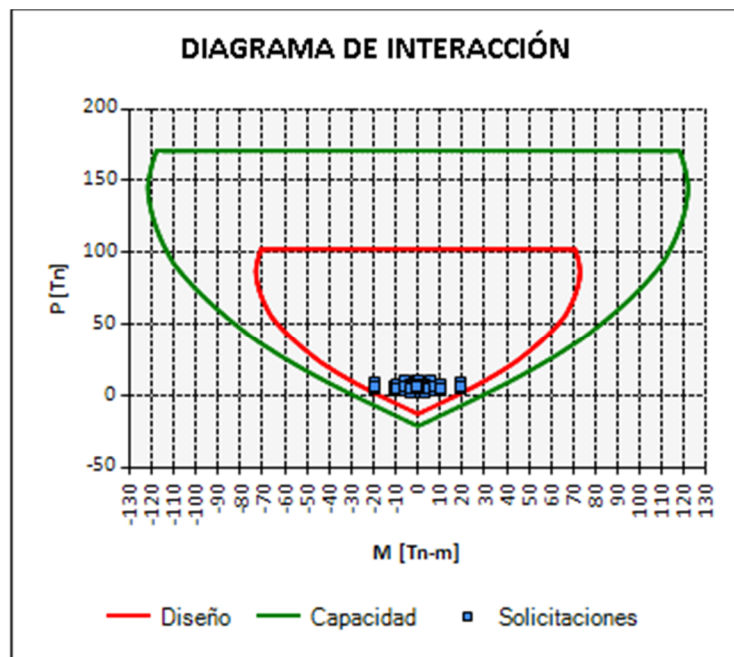


Figura 22. Diagrama de Interacción

Solicitaciones y diseño.

El cuadro de “Solicitaciones y Diseño” (Ver Figura 23) se encuentra compuesto por:

- **Combinatoria:** En este menú desplegable se puede escoger cualquiera de las combinatorias que fueron leídas del modelo de análisis estructural. Todos los valores que se encuentran a continuación corresponden a esta combinación de carga seleccionada.
- **Unidades:** DIMEST permite escoger entre dos sistemas de unidades, Tn-m y kN-m. Este sistema de unidades afecta a todos los resultados de la ventana de información detallada del muro.
- **P (Unidades consistentes):** Carga axial en la parte superior e inferior del muro para la combinatoria seleccionada.
- **V2 (Unidades consistentes):** Cortante paralelo al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **V3 (Unidades consistentes):** Cortante perpendicular al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **T (Unidades consistentes):** Momento torsor en la parte superior e inferior del muro para la combinatoria seleccionada.
- **M2 (Unidades consistentes):** Momento alrededor del eje paralelo al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.

- **M3 (Unidades consistentes):** Momento alrededor del eje perpendicular al plano del muro en la parte superior e inferior para la combinatoria seleccionada.
- **ϕM_n (Unidades consistentes):** Momento de diseño de la sección para la combinación seleccionada.
- **$M_u/\phi M_n$:** Relación entre el momento requerido y el momento de diseño de la sección para la combinatoria seleccionada.
- **ϕV_n (Unidades consistentes):** Cortante de diseño de la sección para la combinación seleccionada.
- **$V_u/\phi V_n$:** Relación entre el cortante requerido y el cortante de diseño de la sección para la combinatoria seleccionada.
- **σ_c (Unidades consistentes):** Valor del esfuerzo en la fibra extrema a compresión para la combinatoria seleccionada.

SOLICITACIONES Y DISEÑO		
Combinatoria	Unidades	
COMB1	Tn-m (MKS)	
	INFERIOR	SUPERIOR
P [Tn]	8.890	7.107
V2 [Tn]	-0.084	-0.084
V3 [Tn]	0.000	0.000
T [Tn-m]	0.000	0.000
M2 [Tn-m]	0.000	0.000
M3 [Tn-m]	-0.026	0.183
ϕM_n [Tn-m]	28.589	26.421
$M_u/\phi M_n$	0.001	0.007
ϕV_n [Tn]	22.073	15.951
$V_u/\phi V_n$	0.004	0.005
σ_c [Tn/m ²]	31.383	26.288

Figura 23. Cuadro de Solicitaciones y Diseño.

Chequeos

El cuadro de “Chequeos” (Ver Figura 24) se encuentra compuesto por:

- **Combinación Crítica a Flexión:** DIMEST evalúa la sección de mampostería estructural definida por el usuario en la ventana de “Vista en planta del muro” para todas las combinaciones de diseño definidas por el

usuario y reporta como combinación crítica a flexión aquella con el mayor valor de la relación entre momento requerido y momento de diseño.

- **$M_u/\phi M_n$ Crítica:** Relación entre momento requerido y momento de diseño para la combinación crítica a flexión.
- **Combinación Crítica a Corte:** DIMEST evalúa la sección de mampostería estructural definida por el usuario en la ventana de “Vista en planta del muro” para todas las combinaciones de diseño definidas por el usuario y reporta como combinación crítica a corte aquella con el mayor valor de la relación entre cortante requerido y cortante de diseño.
- **$V_u/\phi V_n$ Crítica:** Relación entre cortante requerido y cortante de diseño para la combinación crítica a corte.
- **$h'/t \leq 25$:** Chequeo de la relación altura-espesor crítica para pandeo lateral de acuerdo con D.5.4.3.1. El valor se encuentra establecido en 25 de acuerdo con D.5.4.3.1. pero puede ser modificado a criterio del ingeniero diseñador en el cuadro de “Variables de Diseño”. Cuando la relación se encuentra por encima de la relación mínima declarada por el usuario esta aparecerá marcada en rojo.
- **$\rho_v \geq 0.00070/0.00027$:** Chequeo de la cuantía de refuerzo vertical calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.a. (Mampostería reforzada) o D.8.3.1. (Mampostería parcialmente reforzada). Cuando la cuantía se encuentra por debajo de la cuantía mínima esta aparecerá marcada en rojo.
- **$\rho_h \geq 0.00070/0.00027$:** Chequeo de la cuantía de refuerzo horizontal calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.a. (Mampostería reforzada) o D.8.3.1. (Mampostería parcialmente reforzada). Cuando la cuantía se encuentra por debajo de la cuantía mínima esta aparecerá marcada en rojo.
- **$\rho_v + \rho_h \geq 0.0020$:** Chequeo de la cuantía total de refuerzo vertical y horizontal calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.b. (Mampostería reforzada). Este criterio no aplica para muros de mampostería parcialmente reforzada. Cuando la suma de las cuantías se encuentra por debajo de 0.0020 esta aparecerá marcada en rojo.
- **$\rho_v \geq 0.50 \rho_h$:** Chequeo de la relación entre cuantía vertical y horizontal calculada respecto al área bruta del muro de acuerdo con D.7.3.1.c. (Mampostería reforzada). Este criterio no aplica para muros de mampostería parcialmente reforzada. Cuando la cuantía de refuerzo vertical es menor a la mitad de la cuantía de refuerzo horizontal esta aparecerá marcada en rojo.

CHEQUEOS		
Comb. Crít. Flex:	COMB4A Max	
$\mu/\phi M_n$:	0.824	
Comb. Crít. Corte:	COMB4 Min	
$V_u/\phi V_n$:	0.667	
$h'/t \leq 25$:	24	(D.5.4.3)
$p_v \geq 0.0007$:	0.00148	(D.7.3.1)
$p_h \geq 0.0007$:	0.00074	(D.7.3.1)
$p_h + p_v \geq 0.0020$:	0.00223	(D.7.3.1)
$p_v \geq 0.50 p_h$:	0.00148	(D.7.3.1)

Figura 24. Cuadro de Chequeos

Elemento de Borde

El objetivo de este cuadro (Ver Figura 25) es orientar al usuario respecto a la necesidad de utilizar Elemento de Borde en el muro que se está diseñando, y en caso de necesitarlo que dimensiones y refuerzo necesitaría.

ELEMENTO DE BORDE		
Esf.Comp.Max:	337.610	
Combinatoria:	COMB2A Min	
REQUIERE ELEMENTO DE BORDE		
$L_{min}[m]$:	0.3	$A_{smin}[cm^2]$: 3.33
$L[m]$:	<input type="text" value="0.3"/>	As: <input type="text" value="4"/> # <input type="text" value="4"/> 5.07
<input type="checkbox"/>	Agregar Elemento de Borde	

Figura 25. Cuadro de Elemento de Borde

El cuadro de “Elemento de Borde” se encuentra compuesto por:

- **Esfuerzo de Compresión Máximo:** DIMEST evalúa el esfuerzo máximo en la fibra extrema a compresión para cada combinación de carga. Este valor corresponde al máximo valor de esfuerzo a compresión obtenido con las combinatorias de diseño.
- **Combinatoria:** Combinatoria de diseño con la cual se obtuvo el máximo esfuerzo de compresión.
- **$L_{min}[m]$ / $A_{smin}[cm^2]$:** Estos valores corresponden a la longitud mínima y el respectivo refuerzo vertical que debe llevar un elemento de borde de concreto reforzado para el muro que se está evaluando.

- **L[m]:** Longitud de elemento de borde ingresada por el usuario. DIMEST ajustará el valor ingresado de acuerdo con la longitud mínima y máxima definidas en las variables de diseño y la aproximará al múltiplo más cercano dependiendo del tamaño de bloque definido.
- **A_s:** Refuerzo vertical del elemento de borde indicado como [Número de Barras] y [Diámetro de Barra]. El número de barras siempre debe ser un número par y superior a cuatro mientras que el diámetro puede variar de #4 a #6. A la derecha de estos valores ingresados se calcula el área de acero que se está suministrando para que pueda ser comparada rápidamente con el área de acero requerida.
- **Agregar Elemento de Borde:** Activa/Desactiva el elemento de borde en el muro que se está evaluando según la longitud y refuerzo suministrados por el usuario. Es recomendable que el usuario primero defina la longitud y refuerzo del elemento de borde antes de activar esta opción ya que DIMEST recalculará la necesidad del elemento de borde con el nuevo refuerzo suministrado.

Alzada del muro

DIMEST dispone una ventana para presentar al usuario la alzada total del muro de mampostería (Ver Figura 26) con el cual se puede evaluar rápidamente la continuidad de refuerzos y celdas con mortero de relleno.

La ventana de alzada del muro se encuentra compuesta por:

- **Alzada del muro:** La alzada del muro además de mostrar la continuidad de refuerzos y celdas con mortero de relleno también muestra la disposición del refuerzo y su despiece tanto para refuerzo vertical en celdas como para elemento de borde (Ver Figura 27). Los traslapes de los refuerzos en mampostería son calculados de acuerdo con los criterios de D.4.2.5. Cualquier cambio de refuerzo o celda con mortero de relleno hecho en la vista en planta del muro automáticamente se actualizará en esta vista. El refuerzo vertical se encuentra diferenciado por color de acuerdo con el diámetro de barra (#3 – Verde, #4 – Rojo, #5 – Azul, #6 – Amarillo)
- **Refuerzo en Celdas / Elemento de Borde:** Estas opciones permiten al usuario escoger si desea ver la distribución del refuerzo vertical en celdas, elementos de borde o ambos.
- **Cantidades de Refuerzo Longitudinal:** Este cuadro muestra al usuario las cantidades de acero vertical (en kilogramos) discriminado por diámetro de barra. Las cantidades calculadas dependen de las opciones de refuerzo que se esté mostrando en la alzada (Refuerzo en Celdas, Elemento de Borde o ambos)

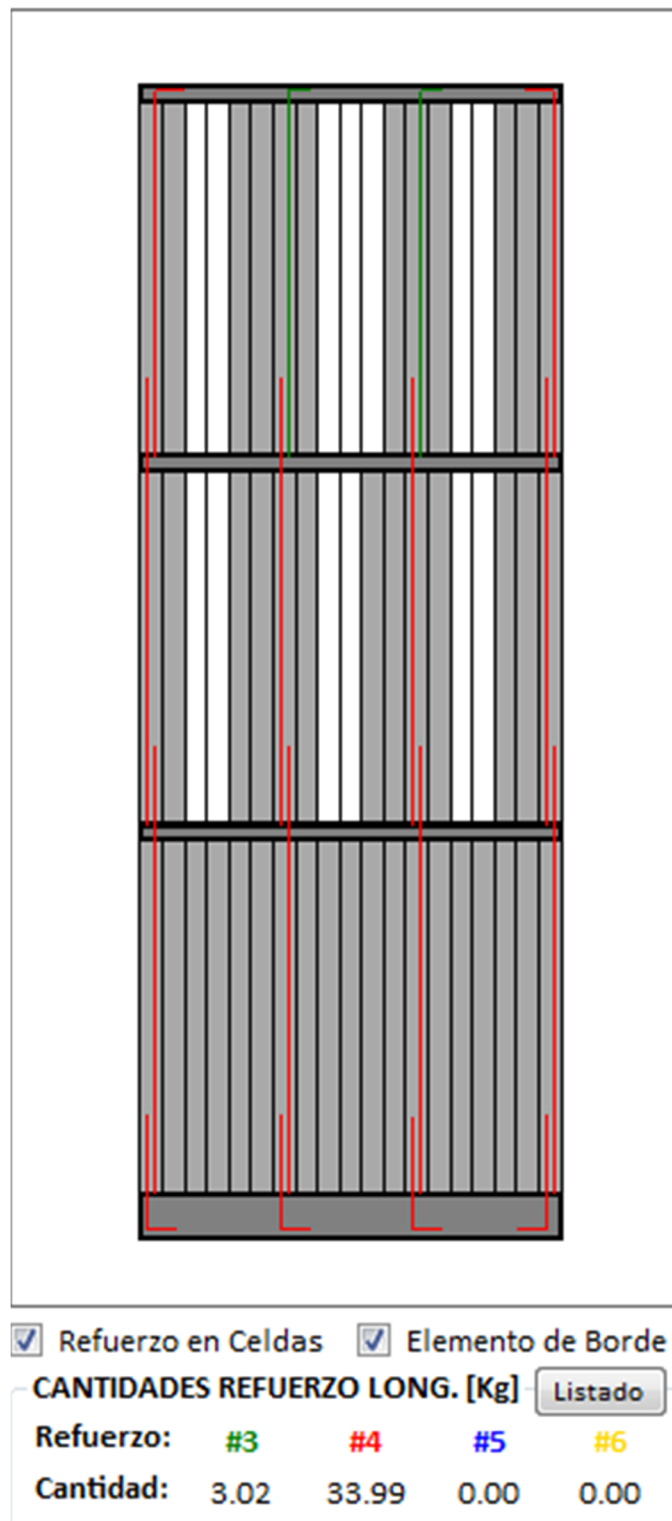


Figura 26. Ventana de alzada del muro.

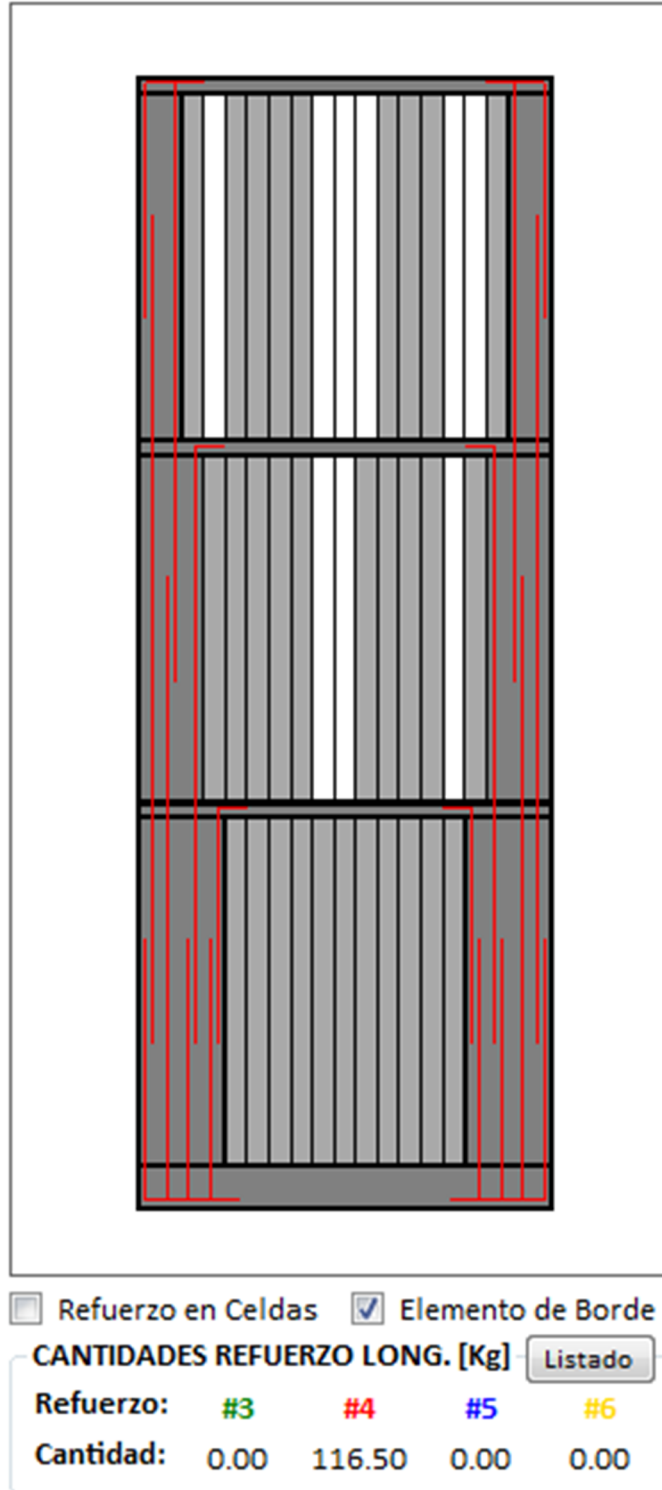


Figura 27. Ventana de alza de muro para elemento de borde de sección variable.

- **Listado:** Esta opción genera un listado detallado del refuerzo vertical del muro. El listado de refuerzos (Ver Figura 28) depende de las opciones de refuerzo que se esté mostrando en la alzada (Refuerzo en Celdas, Elemento de Borde o ambos)

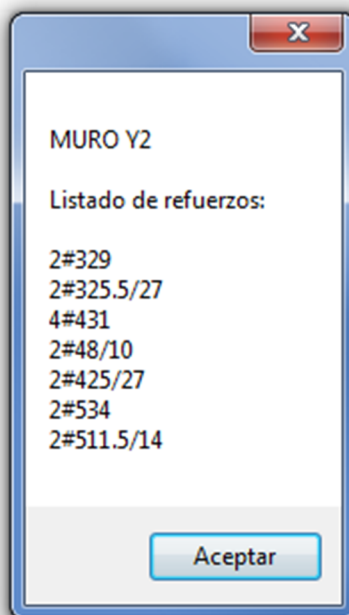


Figura 28. Ejemplo de listado de refuerzos.

Diseño a flexo compresión y corte.

Por medio de esta opción, DIMEST realiza un diseño automático a flexo compresión y corte del muro. Para más información respecto al diseño automático del muro referirse al texto original de DIMEST.

MENU DE DISEÑO

La ventana de información detallada del muro es una herramienta bastante útil para evaluar el comportamiento de un muro en un piso específico e interactuar con él, pero se queda corta en el momento de manejar grandes volúmenes de muros. Por este motivo DIMEST ha desarrollado una serie de herramientas que permiten al usuario manejar un mayor volumen de diseños simultáneamente, identificar los puntos críticos del diseño y obtener resultados en un formato de entrega para el cliente final.

El Menú de Diseño (Ver Figura 29) se encuentra compuesto por:

- Diseño de Muros
- Tabla de Resultados
- Memorias de Cálculo
- Cantidades de Obra
- Generar DXF
- Importar Refuerzo

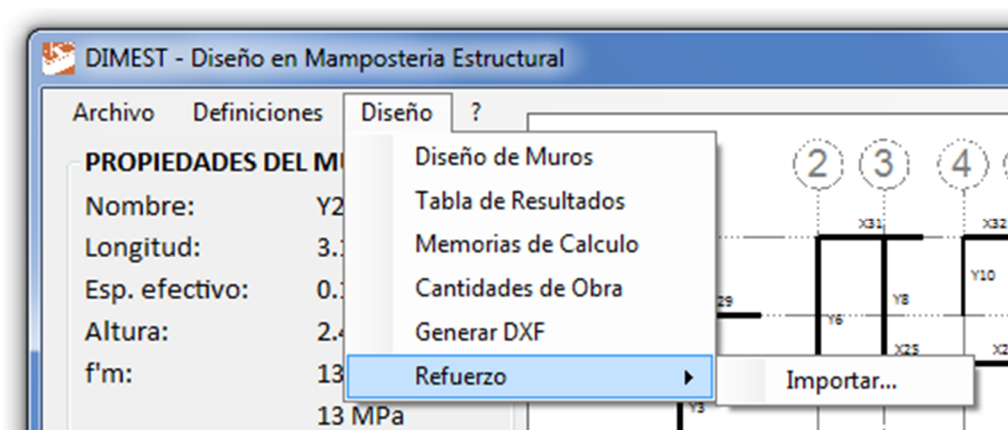


Figura 29. Menú de Diseño

Diseño de Muros

La ventana de "Diseño de Muros" (Ver Figura 30) es una expansión del diseño automático de muros a flexo compresión y corte visto en la ventana de información detallada del muro, la cual ahora nos permite realizar el diseño de los muros que sean seleccionados de forma inmediata sin necesidad de tener que ingresar a cada muro a diseñarlos.

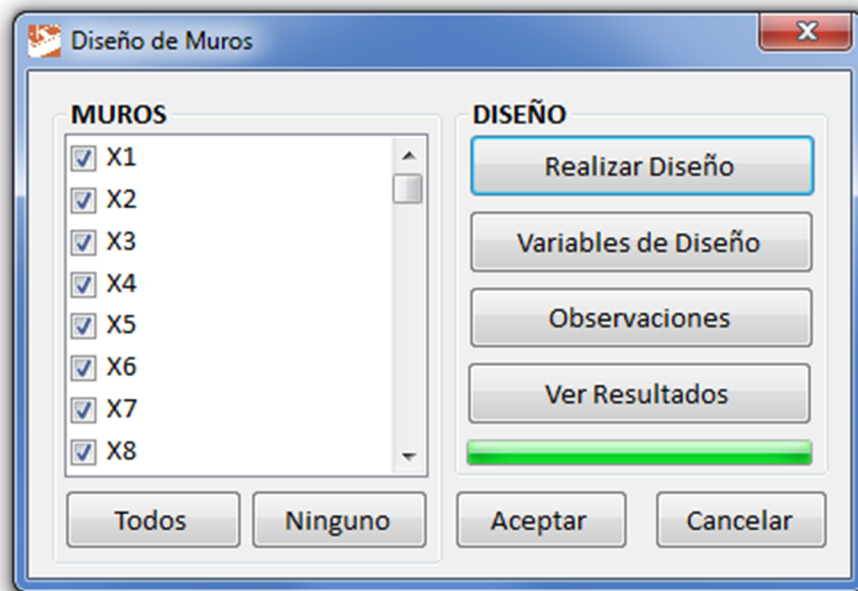


Figura 30. Ventana de Diseño de Muros.

La ventana de “Diseño de Muros” se encuentra compuesta por:

- **Cuadro de selección de muros:** En el cuadro de selección de muros se pueden escoger los muros del modelo de análisis estructural que se desean diseñar con las combinatorias de diseño seleccionadas en las variables de diseño.
- **Realizar Diseño:** Esta opción inicia el diseño a flexo compresión y corte de los muros seleccionados.

El diseño automático de los muros sobrescribe todos los diseños o refuerzos que hayan sido ingresados por el usuario, por eso antes de iniciar con el diseño de los muros DIMEST advierte sobre la modificación de datos del usuario (Ver Figura 31)

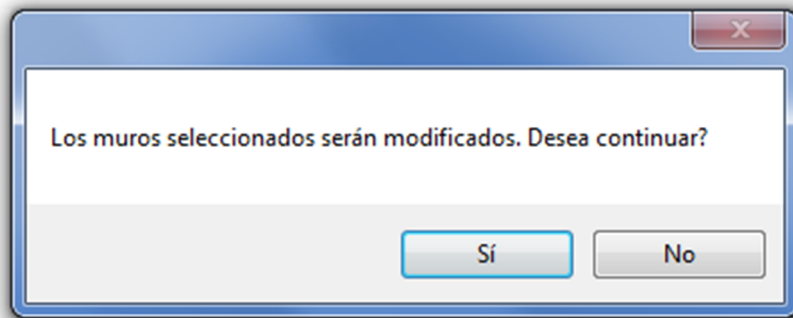


Figura 31. Advertencia de modificación de datos antes de iniciar con el diseño de muros.

Una vez se ha realizado el diseño de todos los muros seleccionados por el usuario, DIMEST informa respecto a la cantidad de muros que fueron diseñados y los posibles problemas que se encontraron durante su diseño (Ver Figura 32)

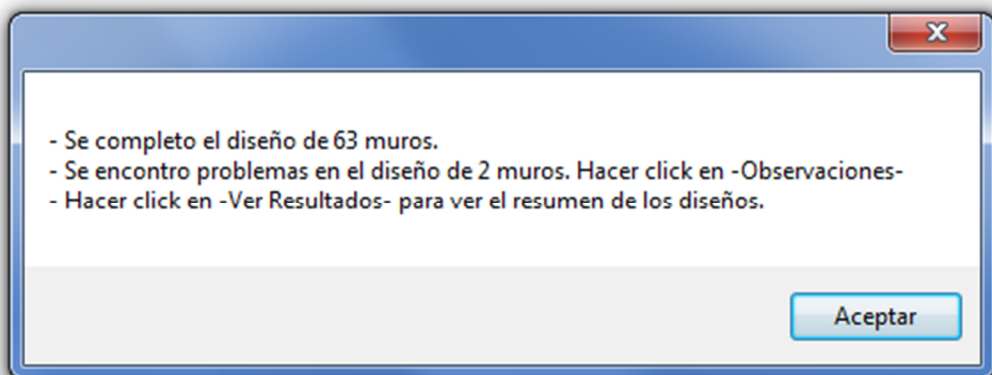


Figura 32. Reporte de diseños.

- **Variables de Diseño:** Enlace directo a la ventana de “Variables de Diseño”
- **Observaciones:** Si DIMEST encontró algún problema en el diseño a flexo compresión y corte de alguno de los muros seleccionados, además de informarlo en el reporte de diseños (Ver Figura 32) habilita la opción de “Observaciones”, la cual abre una ventana (Ver Figura 33) con un reporte detallado de los problemas encontrados durante el diseño.

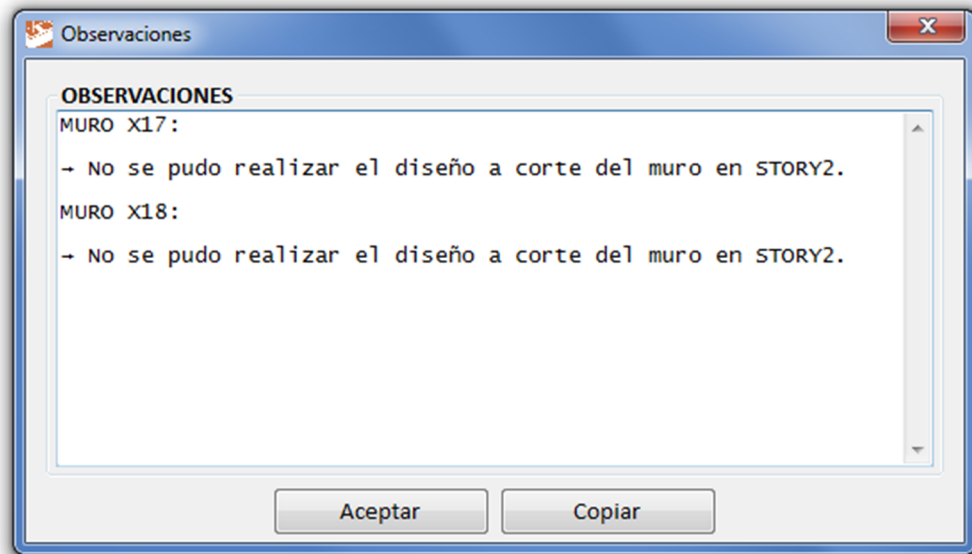


Figura 33. Ventana de Observaciones.

Al hacer click en “Copiar” toda la información de las observaciones de diseño es copiada al portapapeles para ser utilizada por el usuario en otros programas.

- **Ver Resultados:** Enlace directo a la ventana de “Tabla de Resultados”

Tabla de Resultados

La Tabla de Resultados (Ver Figura 34) es otra herramienta de bastante utilidad para el usuario ya que contiene un resumen del estado de todos los muros del proyecto.

Tabla de Resultados																
Pier	No. Celdas	Longitud [m]	Espesor Modelo [m]	Espesor Efectivo [m]	f'm [Tn/m²]	Elemento de Borde	Longitud EB [m]	Número Barras EB	Diametro Barras EB [ø]	Comb. Crítica	Pu [Tn]	Mu [Tn-m]	φMn [Tn-m]	Mu/φMn	Tipo Refuerzo	Refu
X1	14	2.10	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-4.340	19.289	29.970	0.644	Escalera	2φ5.0
X2	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	0.904	7.683	9.576	0.802	Escalera	2φ5.0
X3	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	0.905	7.622	9.576	0.796	Escalera	2φ5.0
X4	14	2.10	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-4.265	19.305	30.151	0.640	Escalera	2φ5.0
X5	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.268	9.970	11.817	0.844	Escalera	2φ5.0
X6	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.295	10.142	11.817	0.858	Escalera	2φ5.0
X7	6	0.90	0.140	0.132	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.189	2.543	3.305	0.769	Escalera	2φ5.0
X8	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	1.010	10.549	12.304	0.857	Escalera	2φ5.0
X9	11	1.65	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	1.009	10.522	12.304	0.855	Escalera	2φ5.0
X10	6	0.90	0.140	0.132	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	-6.180	2.706	3.305	0.819	Escalera	2φ5.0
X11	19	2.85	0.140	0.155	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-15.192	35.217	51.508	0.684	Escalera	2φ5.0
X12	19	2.85	0.140	0.155	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-15.252	35.182	76.057	0.463	Escalera	2φ5.0
X13	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	6.967	5.279	8.352	0.632	Escalera	2φ5.0
X14	11	1.65	0.140	0.171	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-3.856	11.228	23.319	0.482	Escalera	2φ5.0
X15	11	1.65	0.140	0.171	1500	SI	0.30	4	4	COMB4...	-4.276	11.079	22.864	0.485	Escalera	2φ5.0
X16	9	1.35	0.140	0.133	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	6.963	5.398	8.352	0.646	Escalera	2φ5.0
X17	19	2.85	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	9.156	34.379	39.133	0.879	Escalera	2φ5.0
V19	19	2.85	0.140	0.134	1500	NO	0.00	0	0	COMB4...	9.147	34.379	39.133	0.879	Escalera	2φ5.0
Contenido Tabla																
<input checked="" type="checkbox"/> Propiedades <input checked="" type="checkbox"/> Elemento de Borde <input checked="" type="checkbox"/> Diseño a Flexión <input checked="" type="checkbox"/> Diseño a Corte <input checked="" type="checkbox"/> Chequeos																
Unidades <input checked="" type="radio"/> Tn-m (MKS) <input type="radio"/> kN-m (SI)																
<input type="button" value="Aceptar"/>																
STORY1																

Figura 34. Tabla de Resultados.

La Tabla de Resultados informa al usuario respecto al estado de los muros (Momento de diseño, cortante de diseño, índices de sobre esfuerzo, cuantía de refuerzos...) en cualquier momento y para cualquier configuración de refuerzo que se tenga en el muro. Además, el usuario puede evaluar de forma simultánea todos los muros del proyecto, piso a piso, para identificar rápidamente que muros aún no están cumpliendo con los requerimientos de norma o con el criterio de diseño del usuario.

Antes de realizar el diseño automático de muros el usuario puede utilizar la Tabla de Resultados como herramienta para identificar los muros que cumplen con los requisitos de norma con refuerzo mínimo, o cuales son los muros que presentan elevados índices de sobre esfuerzo antes de ser diseñados. Una vez se ha realizado el diseño de los muros la Tabla de Resultados permite al usuario evaluar el estado final de los muros, cuales presentan mayores índices de sobre esfuerzo, o cuales presentan las mayores cuantías de refuerzo vertical y de corte.

La Tabla de Resultados se encuentra compuesta por:

- Propiedades (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Numero de Celdas
 - Longitud [m]
 - Espesor del muro [Modelo]
 - Espesor efectivo del muro
 - Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)
- Elemento de Borde
 - Elemento de Borde
 - Longitud [m]
 - Número de Barras
 - Diámetro de Barras
- Diseño a Flexión (Unidades consistentes)
 - Combinatoria Critica
 - P_u
 - M_u
 - ϕM_n
 - $M_u/\phi M_n$
- Diseño a Corte (Unidades consistentes)
 - Tipo de Refuerzo
 - Refuerzo
 - Separación [m]
 - Combinatoria Critica
 - V_u

- ϕV_n
 - $V_u/\phi V_n$
- Chequeos
 - h'/t
 - $\rho_v \geq 0.00070$
 - $\rho_h \geq 0.00070$
 - $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$
 - $\rho_v \geq 0.5\rho_h$

El usuario puede ordenar la tabla de forma ascendente o descendente haciendo click en el encabezado de cada columna, así puede encontrar los valores máximos y mínimos para cada ítem.

Al hacer doble click sobre cualquier fila de la Tabla de Resultados se accede inmediatamente a la Ventana de Información Detallada del Muro.

El contenido de la tabla puede ser filtrado por los siguientes grupos de datos haciendo uso de los cuadros de selección en la esquina inferior izquierda (Ver Figura 35):

- Propiedades
- Elementos de Borde
- Diseño a Flexión
- Diseño a Corte
- Chequeos

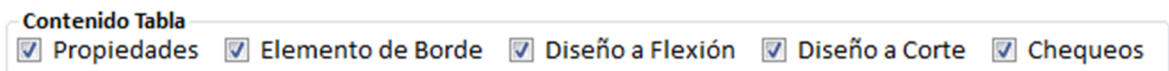


Figura 35. Filtro de Grupos de Datos

Además de la Tabla de Resultados se cuenta con los siguientes componentes:



Selector de Unidades. DIMEST permite manejar unidades de Tn-m y kN-m.



Exportar Tabla. Esta opción permite copiar la información de la Tabla de Resultados al portapapeles para ser utilizada en cualquier tipo de hoja de cálculo.



Actualizar Tabla. Una vez se ha cargado la Tabla de Resultados desde el menú de diseño es necesario actualizarla cada vez que se haga un cambio en el refuerzo de los muros estructurales para que se reflejen los cambios realizados en ella.



Modificar Columna.



Selector de Nivel. Esta opción permite variar el nivel estructural del cual se están evaluando los muros en la Tabla de Resultados.

Modificar Columnas

A través de esta opción DIMEST brinda al usuario la opción de modificar los valores de ciertas columnas de datos de la Tabla de Resultados (Ver Figura 36) con el fin de que el usuario pueda evaluar el comportamiento de los muros para diferentes valores de datos comunes a ellos como lo son:

- Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)(Unidades consistentes)
- Tipo de Refuerzo Horizontal
- Diámetro del Refuerzo Horizontal
- Separación del Refuerzo Horizontal

Resistencia a la Compresion
Resistencia a la compresion (f'_m) [Tn/m^2] 0

Tipo de Refuerzo Horizontal
☒ Esclerilla ☐ Bloque Viga

Refuerzo Horizontal en Esclerilla
☒ 2 ϕ 4.0 mm ☐ 2 ϕ 4.5 mm ☐ 2 ϕ 5.0 mm

Refuerzo Horizontal en Bloque Viga
☒ #3 ☐ #4 ☐ #5

Separación Refuerzo Horizontal
Separacion del refuerzo horizontal [m]

Aceptar Cancelar

Figura 36. Ventana Modificar Columnas

Memorias de Cálculo

Una vez se ha realizado el diseño de los muros estructurales y el usuario se encuentra satisfecho con los resultados obtenidos, DIMEST ofrece la opción de generar memorias de cálculo (generales y detalladas) de los diseños realizados para ser presentados ante el cliente, curadurías, revisores o cualquier entidad que necesite evaluar los diseños realizados en el proyecto.

La ventana de memorias de cálculo (Ver Figura 37) ofrece las siguientes opciones:

- Resumen de Diseños
- Reporte Detallado de Diseños

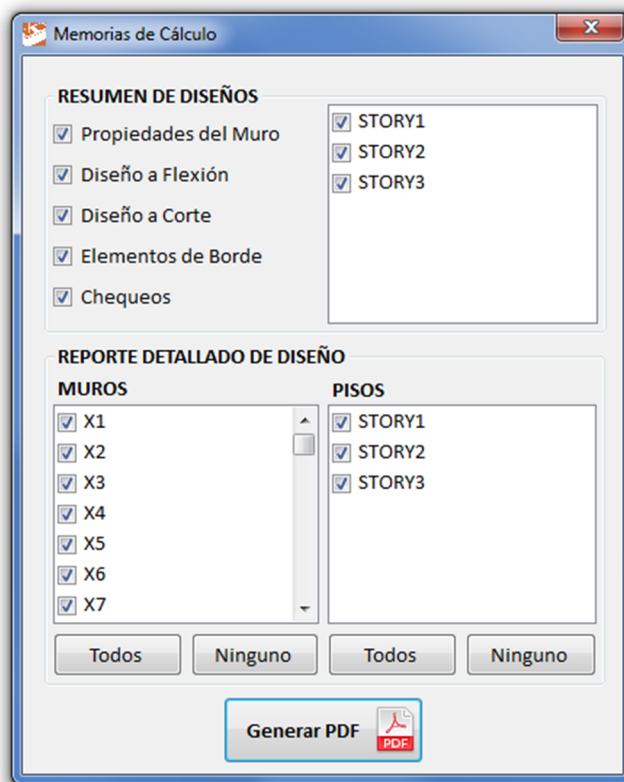


Figura 37. Ventana de memorias de cálculo.

Resumen de Diseños

Resumen de Diseños es una opción de memorias de cálculo que condensa los resultados obtenidos en el diseño de los muros de mampostería de forma muy similar a la Tabla de Resultados. A la derecha del cuadro de Resumen de Diseños se puede seleccionar los pisos de los cuales se desean obtener resultados.

Las tablas resumen generadas por DIMEST son las siguientes:

- Propiedades Muros (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Numero de Celdas
 - Longitud [m]
 - Espesor efectivo [m]
 - Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)
 - Módulo de Elasticidad de la mampostería (E_m)
- Diseño a Flexión (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier

- Combinatoria Critica
 - P_u
 - M_u
 - ϕM_n
 - $M_u/\phi M_n$
- Diseño a Corte (Unidades consistentes)
 - Nombre Pier
 - Tipo de Refuerzo
 - Refuerzo
 - Separación [m]
 - Combinatoria Critica
 - V_u
 - ϕV_n
 - $V_u/\phi V_n$
- Elemento de Borde
 - Nombre Pier
 - Elemento de Borde
 - Longitud [m]
 - Refuerzo Longitudinal
 - Refuerzo Transversal
- Chequeos
 - Nombre Pier
 - h'/t
 - $\rho_v \geq 0.00070$
 - $\rho_h \geq 0.00070$
 - $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$
 - $\rho_v \geq 0.5\rho_h$

Reporte Detallado de Diseño

Además de tablas de resumen, DIMEST presenta versiones detalladas del diseño de los muros por si se desea conocer a fondo el diseño de los muros del proyecto. El usuario puede escoger que muros y que pisos desea presentar en el Reporte Detallado de Diseño.

El Reporte Detallado se encuentra compuesto por:

- Vista en planta del muro con refuerzos y celdas con mortero de relleno
- Información del Muro
 - Pier
 - Piso
 - Numero de Celdas
 - Longitud [m]

- Altura [m]
 - Dimensiones del bloque utilizado
 - Espesor efectivo [m]
- Propiedades de los materiales (Unidades consistentes)
 - Resistencia a la compresión de la mampostería (f'_m)
 - Módulo de elasticidad de la mampostería (E_m)
 - Resistencia a la compresión del concreto (Elemento de Borde) (f'_c)
 - Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo vertical (f_y)
 - Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo horizontal (f_y)
 - Módulo de elasticidad del acero de refuerzo (E_s)
- Parámetros de Diseño
 - ϕ_c
 - ϕ_f
 - ϕ_v
 - Código de diseño
 - Disipación de energía
- Diseño a Flexo-Compresión (Unidades consistentes)
 - Estación (Superior/Inferior)
 - Combinación Crítica (Superior/Inferior)
 - R_e (Superior/Inferior)
 - P_u (Superior/Inferior)
 - M_u (Superior/Inferior)
 - ϕM_n (Superior/Inferior)
 - $M_u/\phi M_n$ (Superior/Inferior)
- Diseño a Corte (Unidades consistentes)
 - Estación (Superior/Inferior)
 - Refuerzo Horizontal
 - Combinación Crítica (Superior/Inferior)
 - V_u (Superior/Inferior)
 - ϕV_n (Superior/Inferior)
 - $V_u/\phi V_n$ (Superior/Inferior)
- Chequeo Elemento de Borde (Unidades consistentes)
 - Estación (Superior/Inferior)
 - Combinación Crítica (Superior/Inferior)
 - σ_c (Superior/Inferior)
 - σ_{cmax} (Superior/Inferior)
 - Elemento de Borde
- Elemento de Borde Asignado
 - Longitud
 - Refuerzo Longitudinal
 - Refuerzo Transversal
- Chequeos
 - h'/t
 - $\rho_v \geq 0.00070$

- $\rho_h \geq 0.00070$
- $\rho_h + \rho_v \geq 0.0020$
- $\rho_v \geq 0.5\rho_h$

Cantidades de Obra

Otra de las opciones ofrecidas por DIMEST una vez se ha terminado con el diseño de los muros del proyecto es la de generar automáticamente las cantidades de obra de los muros de mampostería.

La ventana de Cantidades de Obra (Ver Figura 38) ofrece las siguientes opciones:

- Resumen General
- Resumen por Muro
- Detallado Refuerzo General
- Detallado Refuerzo por Muro

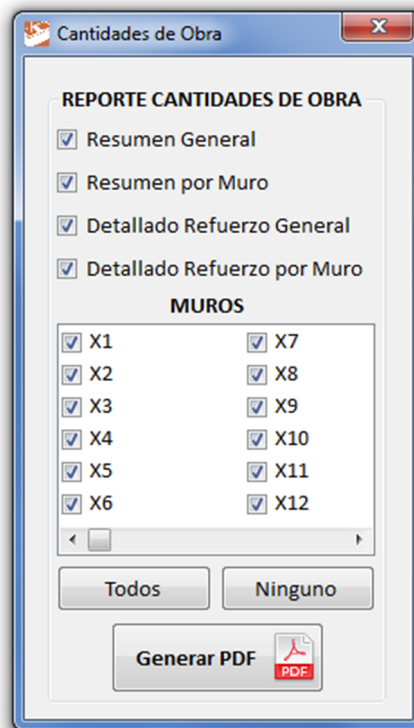


Figura 38. Ventana de Cantidades de Obra.

- **Resumen General**

El resumen general totaliza las siguientes cantidades de obra:

- Refuerzo longitudinal (discriminado por diámetros de barra)
- Refuerzo transversal (discriminado por diámetros de barra)
- Mortero de relleno (ml/m³)
- Unidades de mampostería estructural
- Concreto de elementos de borde (Si se utilizó)

Además, entrega los rendimientos de cada material por metro cuadrado de muro de mampostería estructural.

- **Resumen por muro**

El resumen por muro entrega las mismas cantidades del resumen general pero discriminadas para cada muro del proyecto.

- **Detallado Refuerzo General / Muro**

Los cuadros de detallado traen los listados de refuerzo figurado que van a ser necesarios para la construcción de los muros de mampostería de acuerdo con el despiece realizado por DIMEST.

Los cuadros pueden ser generados para todo el proyecto (pedidos totales de obra) o por muro para saber que refuerzo se utilizara en la construcción de cada muro.

Cada cuadro de detallado consta de la siguiente información:

- Diagrama de figuración del refuerzo
- Nomenclatura del refuerzo
- Cantidad de barras necesarias según figuración
- Diámetro de barra
- Longitud total de barra
- Observaciones

Generar DXF

Finalmente, DIMEST permite al usuario generar planos en formato DXF de las plantas estructurales y las alzadas de los muros de mampostería diseñados

(incluyendo dimensiones reales del bloque definido, refuerzos y celdas con mortero de relleno).

La ventana de Generar DXF (Ver Figura 39) ofrece las siguientes opciones:

- Plantas Estructurales
- Alzadas

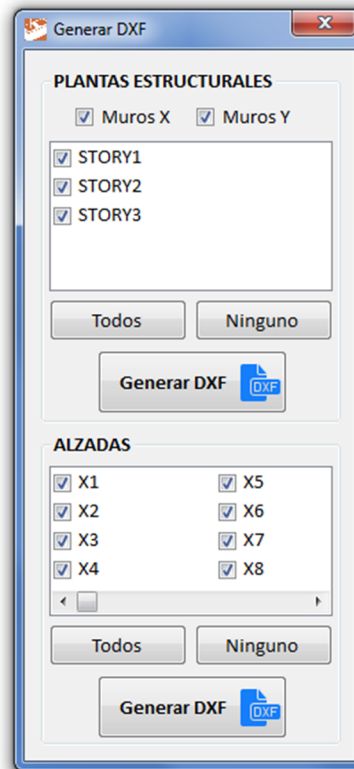


Figura 39. Ventana Generar DXF

- **Plantas Estructurales**

Las plantas estructurales son generadas utilizando las coordenadas de los muros obtenidas del modelo de análisis estructural y la cantidad de celdas definida por el usuario en la ventana de Cantidad de Celdas por Muro.

Las dimensiones de bloque corresponden a las definidas por el usuario, en la planta estructural se encontraran marcada las celdas que llevan mortero de relleno y los refuerzos verticales definidos por el usuario en el diseño de los muros. Cada muro está marcado con el nombre del Pier definido en el modelo estructural para facilitar su identificación.

En el momento de generar el archivo DXF, el usuario puede definir que plantas y orientación de muros desea generar. Se recomienda generar los muros en dirección X y Y por separado para facilidad en el momento de acomodarlos en el plano definitivo de obra.

- **Alzadas**

Al igual que las plantas estructurales, las alzadas utilizan las dimensiones de bloque y longitudes de muro definidas por el usuario. El objetivo de las alzadas es mostrar el despiece del refuerzo vertical en el muro y la distribución de las celdas con mortero de relleno en los diferentes pisos.

Importar Refuerzo

Hasta ahora DIMEST ha sido una herramienta que ha intentado reproducir de la forma más fiel posible lo que el usuario modelo con el programa de análisis estructural, manteniendo los espesores de muros planteados por el usuario. Pero en ocasiones es imposible mantener los espesores de muro del programa de análisis debido a que el diseño del muro en mampostería estructural no cumpliría con alguno de los requisitos de norma.

Cuando ha sido necesario modificar el espesor de los muros estructurales diseñados, se recomienda realizar estas mismas modificaciones en el programa de análisis estructural, ya que la respuesta de la estructura con variaciones de rigidez en algunos de sus elementos podría variar considerablemente respecto a la inicial.

Para no perder todo el trabajo realizado en distribución de refuerzo vertical, horizontal y celdas con mortero de relleno, DIMEST ofrece la opción de importar el refuerzo que se tenga guardado en un proyecto de diseño de muros en mampostería, es decir, el usuario puede nuevamente cargar los datos de geometría y solicitaciones obtenidos después de modificar el modelo de análisis como un nuevo proyecto e inmediatamente importar el refuerzo del proyecto en el que venía trabajando, siempre y cuando no se haya variado la cantidad y longitud de los muros en el modelo.

Una vez se ha importado el refuerzo del proyecto anterior, se recomienda utilizar la herramienta de Tabla de Resultados para evaluar inmediatamente el estado de los muros anteriormente diseñados bajo las nuevas condiciones de carga y así realizar las modificaciones necesarias.

ANEXO C
PRUEBA DE ESCRITORIO

Para el ejercicio de prueba de DIMEST se tomará la ventana de información detallada de un muro cualquiera del proyecto (Ver Figura 1) y se evaluará manualmente todos los cálculos realizados.

Propiedades del Muro:

- **Nombre:** X17
- **Piso:** STORY2
- **Longitud de Diseño:** 2.85 m
- **Altura:** 2.40 m
- **Dimensiones del Bloque [LxBxh]:** 0.29x0.12x0.10
- **Espesor (Modelo):** 0.10 m
- **Numero de Celdas:** 19
- **f'_m :** 1300 Tn/m²
- **E_m :** 975000 Tn/m²

Cálculo de Áreas del Bloque Estructural:

El bloque estructural presenta las siguientes dimensiones (Ver Figura 2):

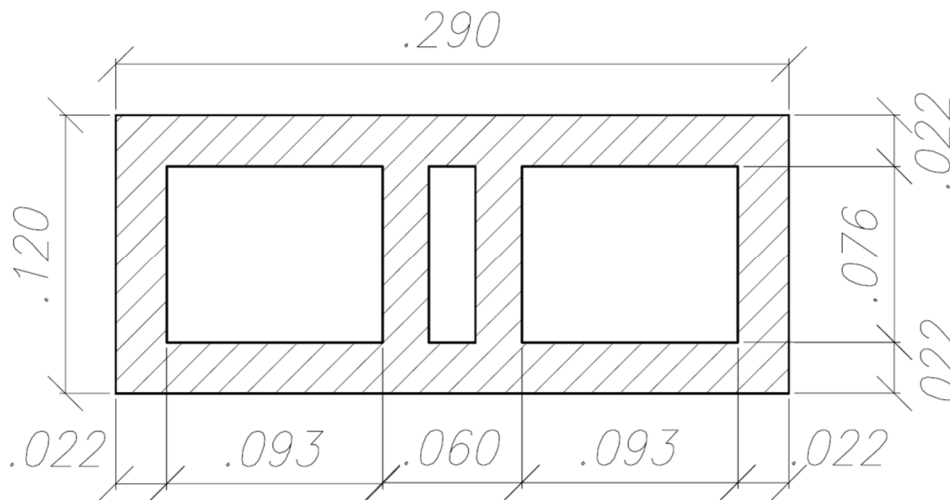


Figura 2. Dimensiones del Bloque Estructural

El Área Neta del Bloque (A_{nbl}) sería:

$$A_{nbl} = 0.29 \times 0.12 - [(2 \times 0.093 + 0.02) \times 0.076]$$

$$A_{nbl} = 0.019144 \text{ m}^2 = 191.44 \text{ cm}^2$$



El Área de Celda (A_{cel}) sería:

$$A_{cel} = 0.093 \times 0.076$$

$$A_{cel} = 0.007068 \text{ m}^2 = 70.68 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espesor efectivo del muro:

Para el cálculo del espesor efectivo se utiliza la siguiente ecuación:

$$t_{ef} = \frac{A_{nbl} \times \text{Numero Bloques} + A_{cel} \times \text{Numero Celdas Llenas} + \text{Juntas}}{L_{diseño}}$$

$$t_{ef} = \frac{0.019144 \times 9.5 + 0.007068 \times 13 + 0.01 \times 0.12 \times 9}{2.85}$$

$$t_{ef} = 0.009984 \text{ m} \approx 0.10 \text{ m}$$

$$t_{efDIMEST} = 0.10 \text{ m}$$

OK!

Diagrama de Interacción:

Para la construcción del diagrama de interacción se seguirán los pasos del diagrama de flujo A.1.

La máxima resistencia axial teórica del muro sometido a carga axial sin excentricidad, P_o , se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$P_o = 0.80 f'_m (A_e - A_{st}) + A_{st} f_y \leq f'_m A_e$$

$$P_o = 0.80 \times 1300 (2.85 \times 0.10 - 0.000129 \times 4) + 0.000129 \times 4 \times 42000$$

$$P_o = 317.53 \text{ Tn} \leq 1300 \times 2.85 \times 0.10 = 370.50 \text{ Tn}$$

Dependiendo de la esbeltez del muro se debe hacer una reducción de la resistencia nominal para carga axial por medio del parámetro R_e :

$$h'/t_{ef} = 2.40 / 0.10 = 24$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{h'}{42t} \right]^2 \quad \text{para } h'/t \leq 30$$

$$R_e = 1 - \left[\frac{2.4}{42 \times 0.10} \right]^2$$

$$R_e = 0.6734$$

La resistencia nominal para carga axial de compresión P_n , sin excentricidad y teniendo en cuenta los efectos de esbeltez, no puede ser mayor que:

$$P_n = 0.80 P_o R_e$$

$$P_n = 0.80 \times 317.53 \times 0.6734$$

$$P_n = 171.05 \text{ Tn}$$

Para construir el diagrama de interacción se deben calcular diferentes combinaciones de P_n y M_n para diferentes valores de profundidad del eje neutro "c". DIMEST realiza esta cálculo variando "c" desde 0.001 hasta $1.5 L_{\text{diseño}}$.

Como ejemplo se calculara los valores de P_n y M_n para $c = 1.40 \text{ m}$.

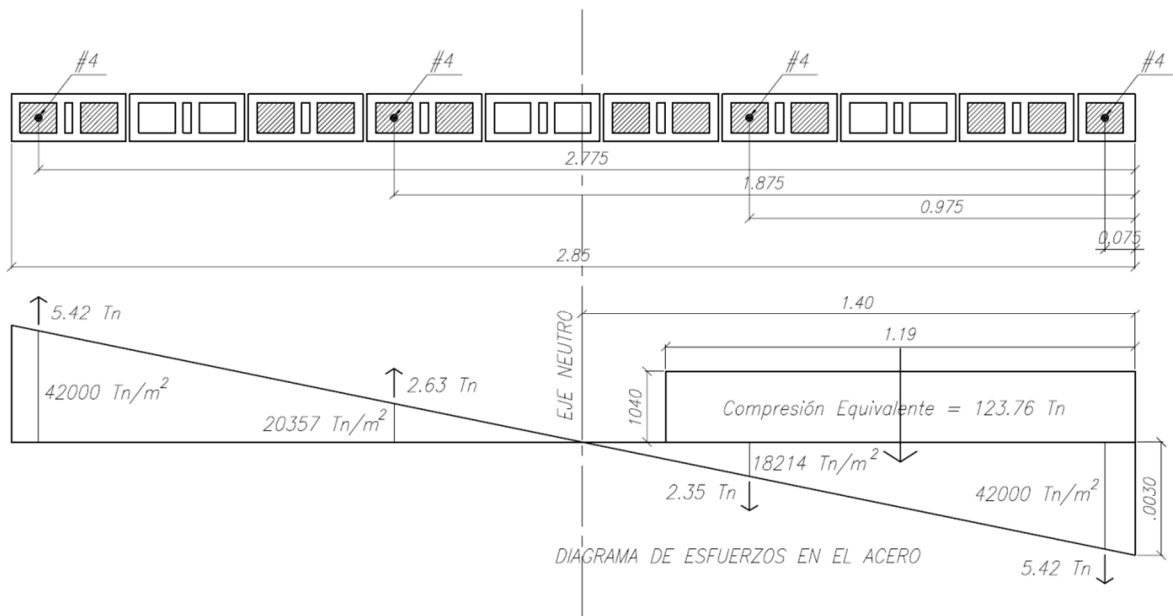


Figura 3. Diagramas de esfuerzos en el muro.

Para calcular el esfuerzo en cada barra de acero se utilizara la siguiente expresión:

$$f_{si} = 0.0030 \left(\frac{d_i - c}{c} \right) E_s \leq f_y$$

Para cada posición de barra de acero se tendría:

BARRA	#4	#4	#4	#4
Asi [m2]	0.000129	0.000129	0.000129	0.000129
di [m]	2.775	1.875	0.975	0.075
εi	0.00295	0.00102	-0.00091	-0.00284
fsi [Tn/m2]	42000	20357	-18214	-42000
Asi fsi [Tn]	5.42	2.63	-2.35	-5.42
Asi fsi (di - L/2) [Tn-m]	7.314	1.182	1.057	7.314

El valor del bloque de compresión equivalente (C) sería:

$$C = (0.80f'_m)(0.85c)t_{ef} = 0.80 \times 1300 \times 0.85 \times 1.40 \times 0.10$$

$$C = 123.76 \text{ Tn}$$

Por sumatoria de fuerzas verticales se puede obtener el valor de la resistencia nominal de la sección P_n por medio de la siguiente expresión:

$$P_n = 0.68 f'_m c t_{ef} - \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si}$$

$$P_n = 123.76 \text{ Tn} - 0.28 \text{ Tn}$$

$$P_n = 123.48 \text{ Tn}$$

Por sumatoria de momentos alrededor del centro del muro se puede obtener el momento nominal resistente de la sección M_n por medio de la siguiente expresión:

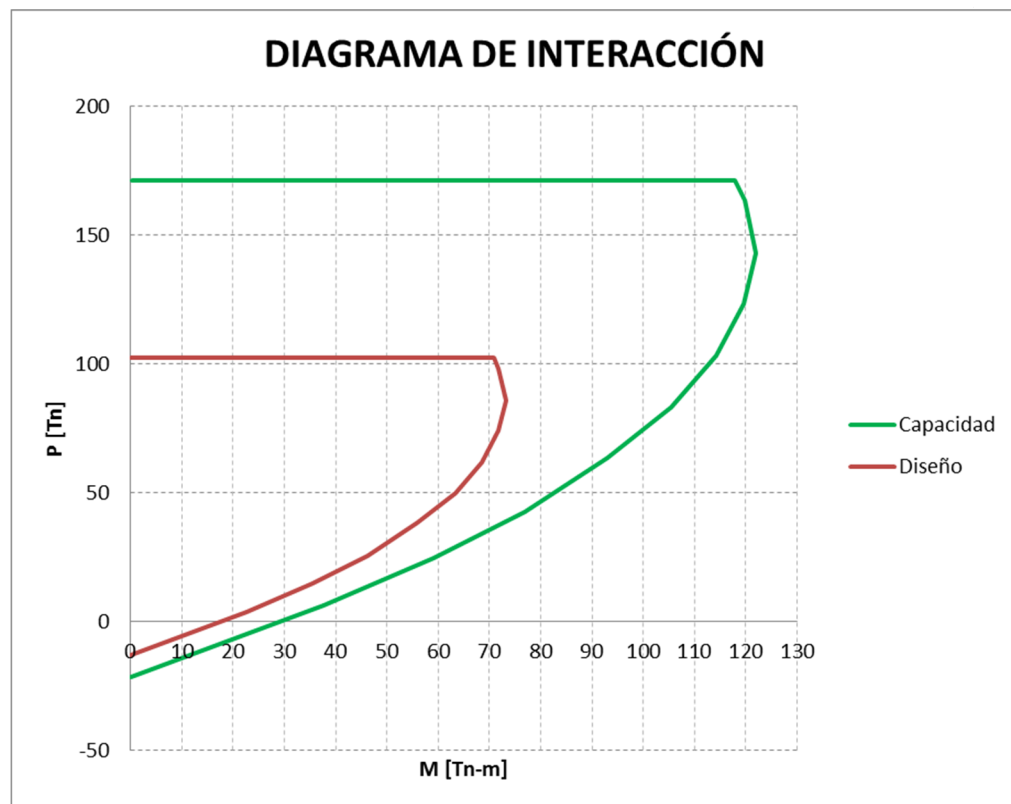
$$M_n = 0.68 f'_m c t_{ef} \left(\frac{L_{diseño}}{2} - \frac{0.85c}{2} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si} \left(d_i - \frac{L_{diseño}}{2} \right)$$

$$M_n = 123.76 \left(\frac{2.85}{2} - \frac{1.19}{2} \right) + 16.868$$

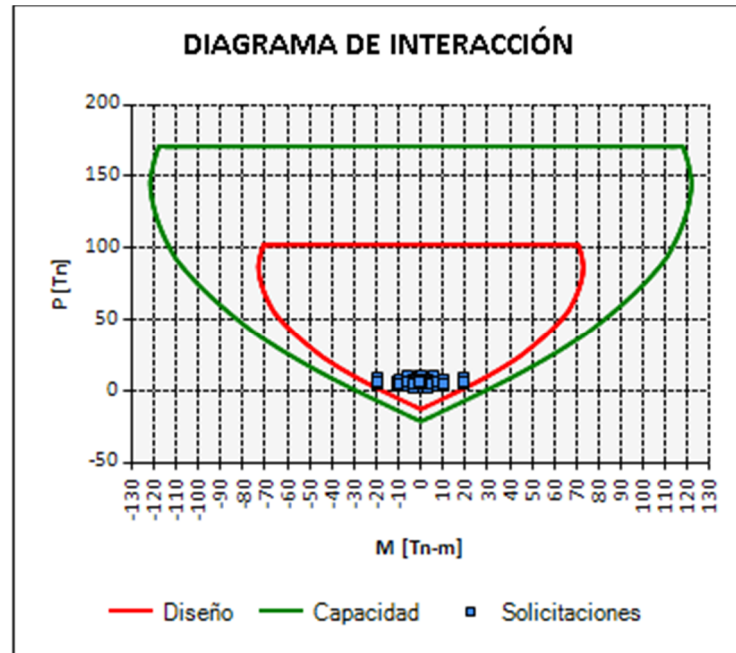
$$M_n = 119.59 \text{ Tn-m}$$

Ahora, para otros valores de c se tendría (Teniendo en cuenta P_{nmax}):

c	M_n [Tn-m]	P_n [Tn]	ϕM_n [Tn-m]	ϕP_n [Tn]
0.001	0.13	-21.58	0.08	-12.95
0.200	37.54	6.26	22.52	3.76
0.400	59.01	24.52	35.41	14.71
0.600	76.95	42.78	46.17	25.67
0.800	93.04	63.61	55.82	38.17
1.000	105.55	83.18	63.33	49.91
1.200	114.30	103.18	68.58	61.91
1.400	119.59	123.48	71.75	74.09
1.600	121.96	143.13	73.18	85.88
1.800	119.73	163.57	71.84	98.14
1.880	117.99	171.05	70.794	102.63
2.000	114.59	171.05	68.75	102.63
2.200	106.77	171.05	64.06	102.63
2.400	96.18	171.05	57.71	102.63
2.600	82.77	171.05	49.66	102.63
2.800	66.51	171.05	39.91	102.63
3.000	47.36	171.05	28.42	102.63
3.200	25.29	171.05	15.17	102.63
3.400	0.26	171.05	0.16	102.63



El diagrama de interacción obtenido por DIMEST es el siguiente:



Como se puede ver el diagrama de interacción obtenido es exactamente igual al entregado por DIMEST, teniendo en cuenta que el diagrama de interacción de DIMEST incluye el comportamiento del muro en las dos direcciones, como en este caso el refuerzo del muro es simétrico no se tiene variaciones entre los dos diagramas.

Momento de diseño ϕM_n :

Para el cálculo del momento de diseño utilizaremos las sollicitaciones de la combinatoria "COMB4A Max" la cual (De acuerdo con los cálculos de DIMEST) genera el mayor índice de sobreesfuerzo para el muro, se comprobarán los resultados obtenidos por DIMEST.

Solicitaciones:

$$P_u = 4.538 \text{ Tn}$$

$$M_u = 19.196 \text{ Tn-m}$$

Partiendo de la ecuación:

$$\frac{P_u}{\phi} = 0.68 f'_m c t_{ef} - \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si}$$

Se buscará el valor de “c” que satisfaga ambos lados de la ecuación con la menor diferencia posible, con una hoja de cálculo se puede encontrar con bastante precisión el valor de c, se usara ese valor y se comparara con el valor obtenido con DIMEST para así evaluar la precisión del algoritmo utilizado.

Se utilizará c= 0.211 m.

Para cada posición de barra de acero se tendría:

BARRA	#4	#4	#4	#4
Asi [m2]	0.000129	0.000129	0.000129	0.000129
di [m]	2.775	1.875	0.975	0.075
ei	0.03645	0.02366	0.01086	-0.00193
fsi [Tn/m2]	42000	42000	42000	-38673
Asi fsi [Tn]	5.42	5.42	5.42	-4.99
Asi fsi (di - L/2) [Tn-m]	7.314	2.438	-2.438	6.735

El valor del bloque de compresión equivalente (C) sería:

$$C = (0.80f'_m)(0.85c)t_{ef} = 0.80 \times 1300 \times 0.18 \times 0.10$$

$$C = 18.72 \text{ Tn}$$

Por sumatoria de fuerzas verticales se puede obtener el valor de la resistencia nominal de la sección P_n por medio de la siguiente expresión:

$$P_n = 0.68 f'_m c t_{ef} - \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si}$$

$$P_n = 18.72 \text{ Tn} - 11.21 \text{ Tn}$$

$$P_n = 7.51 \text{ Tn}$$

De las solicitaciones se tiene:

$$P_n = P_u / \phi$$

$$P_n = 4.53 / 0.60 = 7.55 \text{ Tn}$$

La diferencia entre las dos ecuaciones es inferior al 0.5%.

Por sumatoria de momentos alrededor del centro del muro se puede obtener el momento nominal resistente de la sección M_n por medio de la siguiente expresión:

$$M_n = 0.68 f'_m c t_{ef} \left(\frac{L_{\text{diseño}}}{2} - \frac{0.85c}{2} \right) + \sum_{i=1}^n A_{si} f_{si} \left(d_i - \frac{L_{\text{diseño}}}{2} \right)$$

$$M_n = 18.72 \left(\frac{2.85}{2} - \frac{0.18}{2} \right) + 14.05$$

$$M_n = 39.03 \text{ Tn-m}$$

$$\phi M_n = 23.41 \text{ Tn-m}$$

$$\phi M_{n\text{DIMEST}} = 23.30 \text{ Tn-m}$$

$$\text{Diferencia} = 0.47\%$$

Cortante de diseño ϕV_n :

Para el cálculo del cortante de diseño utilizaremos las solicitaciones de la combinatoria "COMB4 Min" la cual (De acuerdo con los cálculos de DIMEST) genera el mayor índice de sobreesfuerzo para el muro, se comprobarán los resultados obtenidos por DIMEST.

Solicitaciones:

$$\begin{aligned} P_u &= 5.138 \text{ Tn} \\ M_u &= 19.255 \text{ Tn-m} \\ V_u &= 11.727 \text{ Tn} \end{aligned}$$

Siguiendo los pasos del Diagrama de Flujo A.3. el primer paso es calcular la resistencia al corte de la mampostería (V_m)

Para un valor de $\frac{M_u}{V_u d} = 0.7201$ se tiene:

$$V_m = [0.33 - 0.13 \times 0.7201] \times 285000 \times \sqrt{13} + 0.25 \times 51380$$

$$V_m = 255752 \text{ N} = 25.575 \text{ Tn}$$

$$\phi V_m = 15.345 \text{ Tn}$$

Como $\phi V_m > V_u$ entonces:

$$V_n = V_m + V_s$$

La resistencia al corte suministrada por el refuerzo seria:

$$V_s = \rho_n f_y A_{mv}$$

$$\rho_n = A_v \eta / s b$$

El refuerzo a corte del muro consta de 2 grafiles de 5.0 mm de diámetro en escalerilla separados 0.44 m, por lo tanto:

$$\rho_n = 0.00003927 \times 0.35 / 0.44 \times 0.10$$

$$\rho_n = 0.000312375$$

$$V_s = 0.000312375 \times 420 \times 285000$$

$$V_s = 37391 \text{ N} = 3.739 \text{ Tn}$$

$$\phi V_s = 2.243 \text{ Tn}$$

El cortante nominal resistente de la sección seria:

$$V_n = V_m + V_s$$

$$V_n = 25.575 + 3.739 = 29.314 \text{ Tn}$$

El valor máximo de V_n para $\frac{M_u}{V_u d} = 0.7201$ sería:

$$V_n = \left[0.56 - 0.23 \left(\frac{M_u}{V_u d} \right) \right] A_{mv} \sqrt{f'_m}$$

$$V_n = [0.56 - 0.23 \times 0.7201] 285000 \sqrt{13}$$

$$V_n = 405254 \text{ N} = 40.525 \text{ Tn}$$

Como $V_n < V_{n\max}$ se tiene:

$$V_n = 29.314 \text{ Tn}$$

$$\phi V_n = 17.588 \text{ Tn}$$

$$\phi V_{n\text{DIMENT}} = 17.588 \text{ Tn}$$

$$\text{Diferencia} = 0.00\%$$

ANEXO D

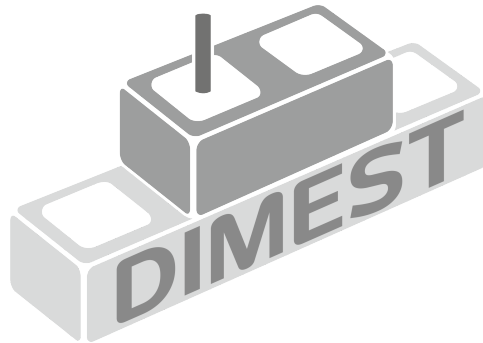
**MEMORIAS DE CÁLCULO Y CANTIDADES DE OBRA
GENERADAS POR DIMEST**

MEMORIA DE DISEÑO DE MUROS EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

REMANSO DEL VIENTO

CONSTRUCTORA DRM

2016-1101



REALIZÓ

ING. CARLOS HERNÁN OTERO

NOVIEMBRE DE 2016

PROPIEDADES MUROS

• STORY1

Pier	No. Celdas	Longitud [m]	Espesor Efectivo [m]	f'm [Tn/m ²]	Em [Tn/m ²]
X1	14	2.1	0.114	1300	975000
X2	9	1.35	0.114	1300	975000
X3	9	1.35	0.114	1300	975000
X4	14	2.1	0.114	1300	975000
X5	11	1.65	0.115	1300	975000
X6	11	1.65	0.115	1300	975000
X7	6	0.9	0.114	1300	975000
X8	11	1.65	0.115	1300	975000
X9	11	1.65	0.115	1300	975000
X10	6	0.9	0.114	1300	975000
X11	19	2.85	0.115	1300	975000
X12	19	2.85	0.115	1300	975000
X13	9	1.35	0.114	1300	975000
X14	11	1.65	0.115	1300	975000
X15	11	1.65	0.115	1300	975000
X16	9	1.35	0.114	1300	975000
X17	19	2.85	0.115	1300	975000
X18	19	2.85	0.115	1300	975000
X19	9	1.35	0.114	1300	975000
X20	11	1.65	0.115	1300	975000
X21	11	1.65	0.115	1300	975000
X22	9	1.35	0.114	1300	975000
X23	19	2.85	0.115	1300	975000
X24	19	2.85	0.115	1300	975000
X25	6	0.9	0.114	1300	975000
X26	11	1.65	0.115	1300	975000
X27	11	1.65	0.115	1300	975000
X28	6	0.9	0.114	1300	975000
X29	11	1.65	0.115	1300	975000
X30	11	1.65	0.115	1300	975000
X31	14	2.1	0.114	1300	975000
X32	9	1.35	0.114	1300	975000
X33	9	1.35	0.114	1300	975000
X34	14	2.1	0.114	1300	975000
Y1	26	3.9	0.115	1300	975000
Y2	21	3.15	0.115	1300	975000
Y3	26	3.9	0.115	1300	975000
Y4	23	3.45	0.115	1300	975000
Y5	20	3	0.115	1300	975000
Y6	23	3.45	0.115	1300	975000
Y7	16	2.4	0.114	1300	975000
Y8	17	2.55	0.115	1300	975000
Y9	10	1.5	0.114	1300	975000

Y10	11	1.65	0.115	1300	975000
Y11	16	2.4	0.114	1300	975000
Y12	17	2.55	0.115	1300	975000
Y13	18	2.7	0.114	1300	975000
Y14	13	1.95	0.115	1300	975000
Y15	19	2.85	0.115	1300	975000
Y16	18	2.7	0.114	1300	975000
Y17	13	1.95	0.115	1300	975000
Y18	16	2.4	0.114	1300	975000
Y19	17	2.55	0.115	1300	975000
Y20	10	1.5	0.114	1300	975000
Y21	11	1.65	0.115	1300	975000
Y22	16	2.4	0.114	1300	975000
Y23	17	2.55	0.115	1300	975000
Y24	23	3.45	0.115	1300	975000
Y25	20	3	0.115	1300	975000
Y26	23	3.45	0.115	1300	975000
Y27	26	3.9	0.115	1300	975000
Y28	21	3.15	0.115	1300	975000
Y29	26	3.9	0.115	1300	975000

DISEÑO A FLEXION

• STORY1

Pier	Combinacion Crítica	Pu [Tn]	Mu [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	Mu/ ϕM_n
X1	COMB4A Max	-0.874	11.672	13.608	0.858
X2	COMB4A Max	1.432	4.926	7.078	0.696
X3	COMB4A Max	1.432	4.874	7.078	0.689
X4	COMB4A Max	-0.808	11.682	13.815	0.846
X5	COMB4A Max	-2.334	6.201	8.479	0.731
X6	COMB4A Max	-2.348	6.373	8.479	0.752
X7	COMB4A Max	-2.286	1.688	3.114	0.542
X8	COMB4A Max	1.604	6.568	7.546	0.870
X9	COMB4A Max	1.604	6.542	7.546	0.867
X10	COMB4A Max	-2.280	1.871	3.114	0.601
X11	COMB4A Max	-5.488	20.648	25.911	0.797
X12	COMB4A Max	-5.528	20.61	25.911	0.795
X13	COMB4A Max	5.378	3.314	7.263	0.456
X14	COMB4A Max	-0.279	7.027	9.994	0.703
X15	COMB4A Max	-0.586	6.887	9.712	0.709
X16	COMB4A Max	5.375	3.460	7.263	0.476
X17	COMB4A Max	6.939	20.157	26.531	0.760
X18	COMB4A Max	6.934	20.149	26.531	0.759
X19	COMB4A Max	5.399	3.281	7.263	0.452
X20	COMB4A Max	0.278	6.877	7.669	0.897
X21	COMB4A Max	0.091	6.668	7.546	0.884
X22	COMB4A Max	5.397	3.426	7.263	0.472
X23	COMB4A Max	-5.618	20.351	25.492	0.798
X24	COMB4A Max	-5.652	20.312	25.492	0.797
X25	COMB4A Max	-2.217	1.664	3.114	0.534
X26	COMB4A Max	1.764	6.451	7.669	0.841
X27	COMB4A Max	1.836	6.326	7.790	0.812
X28	COMB4A Max	-2.226	1.847	3.114	0.593
X29	COMB4A Max	-1.740	6.018	8.806	0.683
X30	COMB4A Max	-1.769	6.197	8.806	0.704
X31	COMB4A Max	-0.462	11.297	12.425	0.909
X32	COMB4A Max	1.205	4.806	6.973	0.689
X33	COMB4A Max	1.345	4.749	7.078	0.671
X34	COMB4A Max	-0.476	11.313	12.425	0.911
Y1	COMB4A Max	-7.359	8.606	9.406	0.915
Y2	COMB5A Max	1.478	15.669	26.937	0.582
Y3	COMB5A Max	3.620	23.418	28.899	0.810
Y4	COMB5A Max	1.157	20.220	23.305	0.868
Y5	COMB5A Max	1.942	14.553	26.490	0.549
Y6	COMB5A Max	1.608	19.946	24.163	0.826
Y7	COMB5A Max	5.211	9.433	15.107	0.624
Y8	COMB5A Max	5.514	10.490	16.641	0.630
Y9	COMB4A Max	-3.641	1.452	3.138	0.463

Y10	COMB5A Max	2.072	3.709	7.909	0.469
Y11	COMB5A Max	3.155	9.460	12.904	0.733
Y12	COMB5A Max	3.171	10.447	13.889	0.752
Y13	COMB5A Max	6.844	11.104	21.498	0.517
Y14	COMB5A Max	2.486	5.364	9.956	0.539
Y15	COMB5A Min	10.051	-13.009	26.772	0.486
Y16	COMB5A Max	6.299	11.110	20.798	0.534
Y17	COMB5A Max	2.306	5.416	9.794	0.553
Y18	COMB5A Max	3.113	9.465	12.904	0.734
Y19	COMB5A Max	3.293	10.450	14.156	0.738
Y20	COMB4A Max	-3.622	1.451	3.138	0.462
Y21	COMB5A Max	2.259	3.706	8.143	0.455
Y22	COMB5A Max	5.276	9.451	15.314	0.617
Y23	COMB5A Max	5.515	10.510	16.641	0.632
Y24	COMB5A Max	1.244	20.254	23.305	0.869
Y25	COMB5A Max	1.890	14.588	26.149	0.558
Y26	COMB5A Max	1.612	19.995	24.163	0.828
Y27	COMB4A Max	-7.327	8.623	9.406	0.917
Y28	COMB5A Max	1.522	15.727	26.937	0.584
Y29	COMB5A Max	3.641	23.501	28.899	0.813

DISEÑO A CORTE

• STORY1

Pier	Tipo Refuerzo	Refuerzo	Separación [m]	Combinación Crítica	Vu [Tn]	ϕVn [Tn]	$Vu/\phi Vn$
X1	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	4.663	11.880	0.393
X2	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.762	7.936	0.348
X3	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.708	7.936	0.341
X4	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	4.679	11.890	0.393
X5	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.502	9.159	0.273
X6	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.716	9.156	0.297
X7	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	0.928	4.728	0.196
X8	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.363	9.749	0.242
X9	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.314	9.749	0.237
X10	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB2A Max	1.164	5.056	0.230
X11	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	6.540	15.601	0.419
X12	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	6.948	15.595	0.446
X13	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4 Min	-1.23	8.648	0.142
X14	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.99	9.467	0.316
X15	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.812	9.421	0.298
X16	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	1.234	8.528	0.145
X17	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	9.221	17.845	0.517
X18	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	9.286	17.910	0.518
X19	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4 Min	-1.220	8.644	0.141
X20	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.855	9.550	0.299
X21	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.585	9.522	0.271
X22	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4 Max	1.221	8.537	0.143
X23	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	6.488	15.581	0.416
X24	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	6.906	15.576	0.443
X25	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	0.919	4.739	0.194
X26	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.348	9.773	0.240
X27	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.171	9.784	0.222
X28	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB2A Max	1.156	5.072	0.228
X29	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.407	9.248	0.260
X30	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.630	9.243	0.285
X31	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	4.513	11.942	0.378
X32	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.712	7.902	0.343
X33	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	2.654	7.923	0.335
X34	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB4A Max	4.530	11.940	0.379
Y1	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.22	COMB5A Max	6.551	26.064	0.251
Y2	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB5A Max	3.796	18.375	0.207
Y3	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.22	COMB5A Max	6.758	26.088	0.259
Y4	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.33	COMB5A Max	5.334	20.961	0.254
Y5	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB5A Max	3.621	17.580	0.206
Y6	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.33	COMB3A Max	6.060	21.904	0.277
Y7	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.33	COMB3A Min	-4.513	16.258	0.278
Y8	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.33	COMB5A Max	4.620	16.192	0.285
Y9	Escalerilla	2 ϕ 5.0 mm	0.44	COMB3A Min	-1.527	9.880	0.155

Y10	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB3A Max	1.734	10.182	0.170
Y11	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Max	4.008	14.830	0.270
Y12	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Max	4.589	15.840	0.290
Y13	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Min	-3.196	18.470	0.173
Y14	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB5A Max	2.297	11.610	0.198
Y15	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5 Max	3.073	18.661	0.165
Y16	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Min	-3.142	18.390	0.171
Y17	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB5A Max	2.376	11.583	0.205
Y18	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Min	-4.300	15.893	0.271
Y19	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Max	4.564	15.858	0.288
Y20	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB3A Min	-1.528	9.884	0.155
Y21	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB3A Max	1.72	10.223	0.168
Y22	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB3A Min	-4.515	16.265	0.278
Y23	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Max	4.628	16.192	0.286
Y24	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB5A Max	5.366	20.974	0.256
Y25	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB5A Max	3.631	17.572	0.207
Y26	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.33	COMB3A Max	6.065	21.914	0.277
Y27	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.22	COMB5A Max	6.577	26.066	0.252
Y28	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.44	COMB5A Max	3.809	18.381	0.207
Y29	Escalerilla	2φ5.0 mm	0.22	COMB5A Max	6.785	26.091	0.260

ELEMENTOS DE BORDE

• STORY1

Pier	Elemento de Borde	Longitud [m]	Refuerzo Longitudinal	Refuerzo Transversal
X1	No Requiere	-	-	-
X2	No Requiere	-	-	-
X3	No Requiere	-	-	-
X4	No Requiere	-	-	-
X5	No Requiere	-	-	-
X6	No Requiere	-	-	-
X7	No Requiere	-	-	-
X8	No Requiere	-	-	-
X9	No Requiere	-	-	-
X10	No Requiere	-	-	-
X11	No Requiere	-	-	-
X12	No Requiere	-	-	-
X13	No Requiere	-	-	-
X14	No Requiere	-	-	-
X15	No Requiere	-	-	-
X16	No Requiere	-	-	-
X17	No Requiere	-	-	-
X18	No Requiere	-	-	-
X19	No Requiere	-	-	-
X20	No Requiere	-	-	-
X21	No Requiere	-	-	-
X22	No Requiere	-	-	-
X23	No Requiere	-	-	-
X24	No Requiere	-	-	-
X25	No Requiere	-	-	-
X26	No Requiere	-	-	-
X27	No Requiere	-	-	-
X28	No Requiere	-	-	-
X29	No Requiere	-	-	-
X30	No Requiere	-	-	-
X31	No Requiere	-	-	-
X32	No Requiere	-	-	-
X33	No Requiere	-	-	-
X34	No Requiere	-	-	-
Y1	No Requiere	-	-	-
Y2	No Requiere	-	-	-
Y3	No Requiere	-	-	-
Y4	No Requiere	-	-	-
Y5	No Requiere	-	-	-
Y6	No Requiere	-	-	-
Y7	No Requiere	-	-	-
Y8	No Requiere	-	-	-
Y9	No Requiere	-	-	-

Y10	No Requiere	-	-	-
Y11	No Requiere	-	-	-
Y12	No Requiere	-	-	-
Y13	No Requiere	-	-	-
Y14	No Requiere	-	-	-
Y15	No Requiere	-	-	-
Y16	No Requiere	-	-	-
Y17	No Requiere	-	-	-
Y18	No Requiere	-	-	-
Y19	No Requiere	-	-	-
Y20	No Requiere	-	-	-
Y21	No Requiere	-	-	-
Y22	No Requiere	-	-	-
Y23	No Requiere	-	-	-
Y24	No Requiere	-	-	-
Y25	No Requiere	-	-	-
Y26	No Requiere	-	-	-
Y27	No Requiere	-	-	-
Y28	No Requiere	-	-	-
Y29	No Requiere	-	-	-

CHEQUEOS

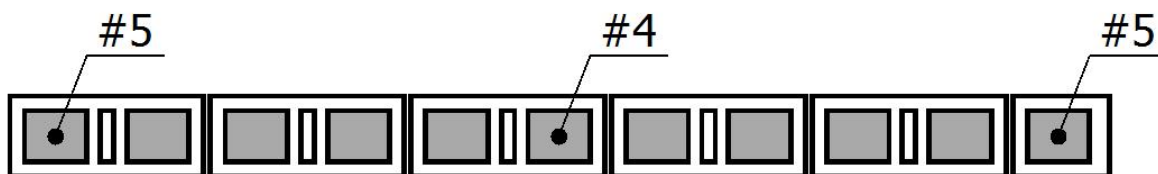
• STORY1

Pier	$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$\rho v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$\rho h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$\rho h + \rho v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$\rho v \geq 0.50\rho h$ D.7.3.1(c)
X1	21.05	0.00236	0.00074	0.00310	Cumple
X2	21.05	0.00244	0.00074	0.00319	Cumple
X3	21.05	0.00244	0.00074	0.00319	Cumple
X4	21.05	0.00236	0.00074	0.00310	Cumple
X5	20.87	0.00264	0.00074	0.00338	Cumple
X6	20.87	0.00264	0.00074	0.00338	Cumple
X7	21.05	0.00367	0.00074	0.00441	Cumple
X8	20.87	0.00164	0.00074	0.00238	Cumple
X9	20.87	0.00164	0.00074	0.00238	Cumple
X10	21.05	0.00367	0.00074	0.00441	Cumple
X11	20.87	0.00282	0.00074	0.00357	Cumple
X12	20.87	0.00282	0.00074	0.00357	Cumple
X13	21.05	0.00156	0.00074	0.00231	Cumple
X14	20.87	0.00264	0.00074	0.00338	Cumple
X15	20.87	0.00264	0.00074	0.00338	Cumple
X16	21.05	0.00156	0.00074	0.00231	Cumple
X17	20.87	0.00148	0.00074	0.00223	Cumple
X18	20.87	0.00148	0.00074	0.00223	Cumple
X19	21.05	0.00156	0.00074	0.00231	Cumple
X20	20.87	0.00192	0.00074	0.00266	Cumple
X21	20.87	0.00192	0.00074	0.00266	Cumple
X22	21.05	0.00156	0.00074	0.00231	Cumple
X23	20.87	0.00282	0.00074	0.00357	Cumple
X24	20.87	0.00282	0.00074	0.00357	Cumple
X25	21.05	0.00367	0.00074	0.00441	Cumple
X26	20.87	0.00164	0.00074	0.00238	Cumple
X27	20.87	0.00164	0.00074	0.00238	Cumple
X28	21.05	0.00367	0.00074	0.00441	Cumple
X29	20.87	0.00264	0.00074	0.00338	Cumple
X30	20.87	0.00264	0.00074	0.00338	Cumple
X31	21.05	0.00207	0.00074	0.00282	Cumple
X32	21.05	0.00244	0.00074	0.00319	Cumple
X33	21.05	0.00244	0.00074	0.00319	Cumple
X34	21.05	0.00207	0.00074	0.00282	Cumple
Y1	20.87	0.00100	0.00149	0.00249	Cumple
Y2	20.87	0.00172	0.00074	0.00246	Cumple
Y3	20.87	0.00100	0.00149	0.00249	Cumple
Y4	20.87	0.00122	0.00099	0.00222	Cumple
Y5	20.87	0.00180	0.00074	0.00255	Cumple
Y6	20.87	0.00122	0.00099	0.00222	Cumple
Y7	21.05	0.00113	0.00099	0.00212	Cumple
Y8	20.87	0.00106	0.00099	0.00205	Cumple
Y9	21.05	0.00180	0.00074	0.00255	Cumple

Y10	20.87	0.00164	0.00074	0.00238	Cumple
Y11	21.05	0.00113	0.00099	0.00212	Cumple
Y12	20.87	0.00106	0.00099	0.00205	Cumple
Y13	21.05	0.00122	0.00099	0.00221	Cumple
Y14	20.87	0.00139	0.00074	0.00213	Cumple
Y15	20.87	0.00116	0.00099	0.00215	Cumple
Y16	21.05	0.00122	0.00099	0.00221	Cumple
Y17	20.87	0.00139	0.00074	0.00213	Cumple
Y18	21.05	0.00113	0.00099	0.00212	Cumple
Y19	20.87	0.00106	0.00099	0.00205	Cumple
Y20	21.05	0.00180	0.00074	0.00255	Cumple
Y21	20.87	0.00164	0.00074	0.00238	Cumple
Y22	21.05	0.00113	0.00099	0.00212	Cumple
Y23	20.87	0.00106	0.00099	0.00205	Cumple
Y24	20.87	0.00122	0.00099	0.00222	Cumple
Y25	20.87	0.00180	0.00074	0.00255	Cumple
Y26	20.87	0.00122	0.00099	0.00222	Cumple
Y27	20.87	0.00100	0.00149	0.00249	Cumple
Y28	20.87	0.00172	0.00074	0.00246	Cumple
Y29	20.87	0.00100	0.00149	0.00249	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
X14	STORY1	11	1.65	2.4	29x12x10	0.115

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB4A Max	0.753	-1.254	0.617	9.272	0.067
Inferior	COMB4A Max	0.753	-0.279	7.027	9.994	0.703

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	2.99	13.425	0.223
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	2.99	9.467	0.316

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2A Min	115.823	260.0	No Requiere
Inferior	COMB2A Min	237.495	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

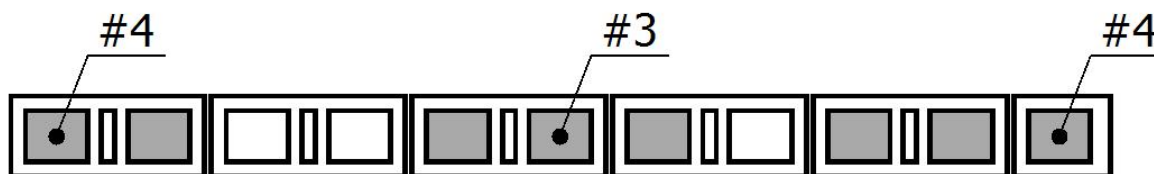
Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
20.87	0.00264	0.00074	0.0034	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
X14	STORY2	11	1.65	2.4	29x12x10	0.102

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB4A Max	0.686	0.732	1.139	6.924	0.164
Inferior	COMB4A Max	0.686	1.545	3.824	7.486	0.511

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	2.071	11.452	0.181
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	2.071	8.812	0.235

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2A Min	79.659	260.0	No Requiere
Inferior	COMB2A Min	127.324	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

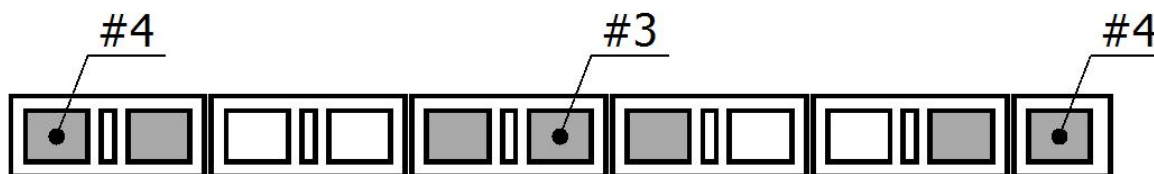
Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
23.53	0.00164	0.00074	0.0024	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
X14	STORY3	11	1.65	2.4	29x12x10	0.097

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB4A Min	0.653	2.184	-0.937	7.982	0.117
Inferior	COMB4A Max	0.653	1.593	1.326	7.588	0.175

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	0.904	11.295	0.080
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	0.904	8.463	0.107

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2A Min	36.669	260.0	No Requiere
Inferior	COMB2A Min	43.669	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
24.74	0.00164	0.00074	0.0024	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
X17	STORY1	19	2.85	2.4	29x12x10	0.115

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB4A Max	0.753	5.334	3.332	24.563	0.136
Inferior	COMB4A Max	0.753	6.939	20.157	26.531	0.760

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	9.221	24.315	0.379
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	9.221	17.845	0.517

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2A Min	55.371	260.0	No Requiere
Inferior	COMB2A Min	170.853	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
20.87	0.00148	0.00074	0.0022	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
X17	STORY2	19	2.85	2.4	29x12x10	0.1

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB4A Max	0.673	3.201	10.120	21.523	0.470
Inferior	COMB4A Max	0.673	4.538	19.196	23.304	0.824

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4A Max	11.616	20.007	0.581
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.44	COMB4 Min	-11.727	17.588	0.667

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2 Max	84.127	260.0	No Requiere
Inferior	COMB2A Min	150.155	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
24	0.00148	0.00074	0.0022	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
X17	STORY3	19	2.85	2.4	29x12x10	0.097

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB4A Max	0.653	1.188	8.97	15.461	0.580
Inferior	COMB4A Max	0.653	2.258	11.361	16.811	0.676

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB4A Min	-8.201	19.314	0.425
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB4A Min	-8.201	18.311	0.448

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2 Max	65.009	260.0	No Requiere
Inferior	COMB2A Min	86.362	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
24.74	0.00116	0.00099	0.0021	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
Y16	STORY1	18	2.7	2.4	29x12x10	0.114

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB5A Max	0.749	4.773	4.712	19.108	0.247
Inferior	COMB5A Max	0.749	6.299	11.110	20.798	0.534

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB5A Max	2.882	18.972	0.152
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB5A Min	-3.142	18.390	0.171

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB3A Min	96.789	260.0	No Requiere
Inferior	COMB3A Min	156.188	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
21.05	0.00122	0.00099	0.0022	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
Y16	STORY2	18	2.7	2.4	29x12x10	0.101

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB5A Max	0.680	3.592	1.380	17.508	0.079
Inferior	COMB5A Max	0.680	4.863	4.920	19.054	0.258

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB3A Min	-2.293	22.384	0.102
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB3A Min	-2.293	16.739	0.137

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB2A Min	47.064	260.0	No Requiere
Inferior	COMB3A Min	87.462	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
23.76	0.00122	0.00099	0.0022	Cumple

DIMEST v1.0 - DISEÑO EN MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

**Información del Muro**

Pier	Piso	No. Celdas	Longitud [m]	Altura [m]	Bloque [Lxbxh]	Esp. Efectivo [m]
Y16	STORY3	18	2.7	2.4	29x12x10	0.099

Propiedades de los Materiales

$f'm$ [Tn/m ²]	E_m [Tn/m ²]	$f'c$ EB [Tn/m ²]	f_y [Tn/m ²]	f_{yh} [Tn/m ²]	E_s [Tn/m ²]
1300	975000	2100	42000	42000	20000000

Parametros de Diseño

ϕ_c	ϕ_f	ϕ_v	Código Diseño	Disipación de Energía
0.6	0.6	0.6	NSR-10 Capítulo D.7	DMO

Diseño a Flexo-Compresión

Estación	Combinación Crítica	R	P_u [Tn]	M_u [Tn-m]	ϕM_n [Tn-m]	$M_u/\phi M_n$
Superior	COMB3A Max	0.667	4.062	1.563	18.181	0.086
Inferior	COMB5A Min	0.667	3.766	-2.053	17.745	0.116

Diseño a Corte

Estación	Refuerzo Horizontal	Combinación Crítica	V_u [Tn]	ϕV_n [Tn]	$V_u/\phi V_n$
Superior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB3A Min	-1.53	20.936	0.073
Inferior	2 ϕ 5.0 mm @ 0.33	COMB3A Min	-1.53	17.682	0.087

Chequeo Elemento de Borde

Estación	Combinación Crítica	σ_c [Tn/m ²]	σ_{cmax} [Tn/m ²]	Elemento de Borde
Superior	COMB1	26.166	260.0	No Requiere
Inferior	COMB3A Min	37.213	260.0	No Requiere

Elemento de Borde Asignado

Longitud	Ref.Long.	Ref.Trans.
-	-	-
-	-	-

Chequeos

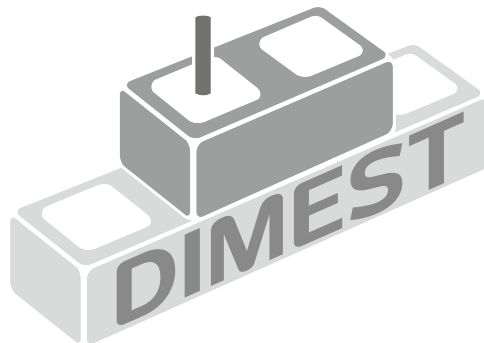
$h'/t \leq 25$ D.5.4.3.1	$p_v \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h \geq 0.00070$ D.7.3.1(a)	$p_h + p_v \geq 0.0020$ D.7.3.1(b)	$p_v \geq 0.50p_h$ D.7.3.1(c)
24.24	0.00122	0.00099	0.0022	Cumple

CANTIDADES DE OBRA

REMANSO DEL VIENTO

CONSTRUCTORA DRM

2016-1101



REALIZÓ

ING. CARLOS HERNÁN OTERO

NOVIEMBRE DE 2016

RESUMEN GENERAL DE CANTIDADES

REFUERZO LONGITUDINAL

Diametro	Fy [MPa]	Longitud [m]	Peso [Kg]
#3	420	136.8	76.61
#4	420	575.0	571.55
#5	420	234.4	363.79
#6	420	45.6	101.92
TOTAL			1113.86

REFUERZO HORIZONTAL

Diametro	Fy [MPa]	Longitud [m]	Peso [Kg]
φ5.0 mm	420	2217.6	341.51
#3	420	716.4	401.18
TOTAL			742.69

GROUTING DE RELLENO

	ml	m ³
Grouting	2265.6	16.01

UNIDADES MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL

	Unidades
Bloque 12x29x10	13036

RENDIMIENTOS POR m² DE MURO EN MAMPOSTERIA

AREA TOTAL DE MUROS = 429.84 m²

Item	Unidad	Rendimiento
Refuerzo Longitudinal (420 MPa)	kg/m ²	2.591
Refuerzo Horizontal (420 MPa)	kg/m ²	1.728
Refuerzo Total	kg/m ²	4.319
Grouting de Relleno	m ³ /m ²	0.037
Bloque 12x29x10	Un/m ²	30.328

RESUMEN GENERAL POR MURO

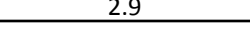
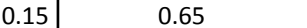
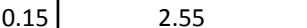
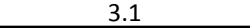

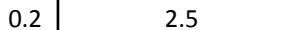
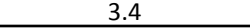
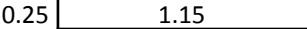
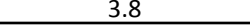
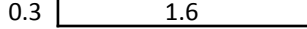
Pier	Refuerzo Longitudinal (420 MPa) [Kg]				Total
	#3	#4	#5	#6	
X1	3.14	11.53	22.35		37.02
X2		11.53	14.90		26.43
X3		11.53	14.90		26.43
X4	3.14	11.53	22.35		37.02
X5	3.14	15.61	14.90		33.64
X6	3.14	15.61	14.90		33.64
X7		11.53	14.90		26.43
X8	5.21	19.68			24.89
X9	5.21	19.68			24.89
X10		11.53	14.90		26.43
X11	3.02	17.69	14.90	25.48	61.10
X12	3.02	11.53	25.45	25.48	65.49
X13		19.68			19.68
X14	3.14	15.61	14.90		33.64
X15	3.14	15.61	14.90		33.64
X16		19.68			19.68
X17	3.02	33.99			37.02
X18	3.02	33.99			37.02
X19		19.68			19.68
X20	3.14	23.76			26.89
X21	3.14	23.76			26.89
X22		19.68			19.68
X23	3.02	17.69	14.90	25.48	61.10
X24	3.02	11.53	25.45	25.48	65.49
X25		11.53	14.90		26.43
X26	5.21	19.68			24.89
X27	5.21	19.68			24.89
X28		11.53	14.90		26.43
X29	3.14	15.61	14.90		33.64
X30	3.14	15.61	14.90		33.64
X31	3.14	15.61	14.90		33.64
X32		11.53	14.90		26.43
X33		11.53	14.90		26.43
X34	3.14	15.61	14.90		33.64
TOTAL	76.61	571.55	363.79	101.92	1113.86

Pier	Refuerzo Horizontal (420 MPa) [Kg]						Total
	φ4.0mm	φ4.5mm	φ5.0mm	#3	#4	#5	
X1			11.64	14.11			25.75
X2			7.48	9.07			16.56
X3			7.48	9.07			16.56
X4			11.64	14.11			25.75
X5			9.15	11.09			20.24
X6			9.15	11.09			20.24
X7			4.99	6.05			11.04
X8			9.15	11.09			20.24
X9			9.15	11.09			20.24
X10			4.99	6.05			11.04
X11			17.56	19.15			36.71
X12			17.56	19.15			36.71
X13			7.48	9.07			16.56
X14			9.15	11.09			20.24

X15	9.15	11.09	20.24
X16	7.48	9.07	16.56
X17	17.56	19.15	36.71
X18	17.56	19.15	36.71
X19	7.48	9.07	16.56
X20	9.15	11.09	20.24
X21	9.15	11.09	20.24
X22	7.48	9.07	16.56
X23	17.56	19.15	36.71
X24	17.56	19.15	36.71
X25	4.99	6.05	11.04
X26	9.15	11.09	20.24
X27	9.15	11.09	20.24
X28	4.99	6.05	11.04
X29	9.15	11.09	20.24
X30	9.15	11.09	20.24
X31	11.64	14.11	25.75
X32	7.48	9.07	16.56
X33	7.48	9.07	16.56
X34	11.64	14.11	25.75
TOTAL	341.51	401.18	742.69

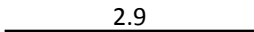
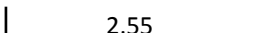
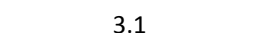
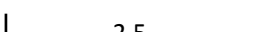
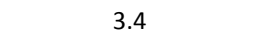
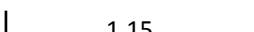
Pier	Grouting [ml]	Grouting [m³]	Bloque [Un]	Area [m²]	Concreto EB [m³]
X1	79.2	0.56	459	15.12	
X2	52.8	0.37	295	9.72	
X3	52.8	0.37	295	9.72	
X4	79.2	0.56	459	15.12	
X5	62.4	0.44	360	11.88	
X6	62.4	0.44	360	11.88	
X7	36.0	0.25	197	6.48	
X8	62.4	0.44	360	11.88	
X9	62.4	0.44	360	11.88	
X10	36.0	0.25	197	6.48	
X11	105.6	0.75	622	20.52	
X12	105.6	0.75	622	20.52	
X13	52.8	0.37	295	9.72	
X14	62.4	0.44	360	11.88	
X15	62.4	0.44	360	11.88	
X16	52.8	0.37	295	9.72	
X17	105.6	0.75	622	20.52	
X18	105.6	0.75	622	20.52	
X19	52.8	0.37	295	9.72	
X20	62.4	0.44	360	11.88	
X21	62.4	0.44	360	11.88	
X22	52.8	0.37	295	9.72	
X23	105.6	0.75	622	20.52	
X24	105.6	0.75	622	20.52	
X25	36.0	0.25	197	6.48	
X26	62.4	0.44	360	11.88	
X27	62.4	0.44	360	11.88	
X28	36.0	0.25	197	6.48	
X29	62.4	0.44	360	11.88	
X30	62.4	0.44	360	11.88	
X31	79.2	0.56	459	15.12	
X32	52.8	0.37	295	9.72	
X33	52.8	0.37	295	9.72	
X34	79.2	0.56	459	15.12	
TOTAL	2265.6	16.01	13036	429.84	

DETALLADO GENERAL DE REFUERZO

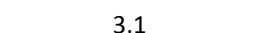
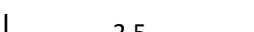
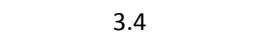
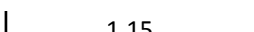
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	20#329	20	#3	2.9	
	4#36.5/8	4	#3	0.8	
	28#325.5/27	28	#3	2.7	
	114#431	114	#4	3.1	
	38#48/10	38	#4	1	
	68#425/27	68	#4	2.7	
	50#534	50	#5	3.4	
	46#511.5/14	46	#5	1.4	
	8#638	8	#6	3.8	
	8#616/19	8	#6	1.9	

DETALLADO REFUERZO POR MURO

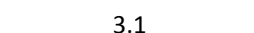
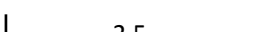
MURO X1

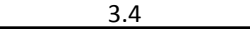
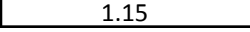
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	2#431	2	#4	3.1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	3#534	3	#5	3.4	
0.25 	3#511.5/14	3	#5	1.4	

MURO X2

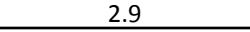
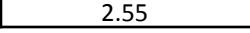
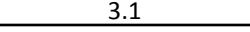
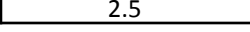
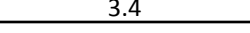
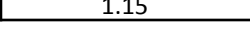
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	2#431	2	#4	3.1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X3

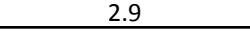
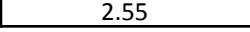
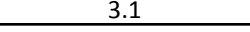
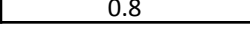
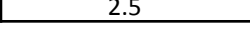
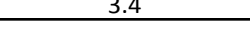
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	2#431	2	#4	3.1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	

	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X4

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	2#431	2	#4	3.1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	3#534	3	#5	3.4	
0.25 	3#511.5/14	3	#5	1.4	

MURO X5

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	3#431	3	#4	3.1	
0.2 	1#48/10	1	#4	1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	

0.25	1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	
------	------	------------	---	----	-----	--

MURO X6

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
2.9	1#329	1	#3	2.9	
0.15 2.55	1#325.5/27	1	#3	2.7	
3.1	3#431	3	#4	3.1	
0.2 0.8	1#48/10	1	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X7

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
3.1	2#431	2	#4	3.1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X8

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
2.9	2#329	2	#3	2.9	

0.15 0.65	1#36.5/8	1	#3	0.8	
0.15 2.55	1#325.5/27	1	#3	2.7	
3.1	4#431	4	#4	3.1	
0.2 0.8	2#48/10	2	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X9

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
2.9	2#329	2	#3	2.9	
0.15 0.65	1#36.5/8	1	#3	0.8	
0.15 2.55	1#325.5/27	1	#3	2.7	
3.1	4#431	4	#4	3.1	
0.2 0.8	2#48/10	2	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X10

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
3.1	2#431	2	#4	3.1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

--	--	--	--	--	--

MURO X11

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
0.15 2.55	2#325.5/27	2	#3	2.7	
3.1	4#431	4	#4	3.1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	
3.8	2#638	2	#6	3.8	
0.3 1.6	2#616/19	2	#6	1.9	

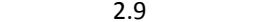
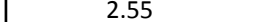
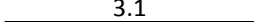
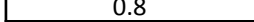
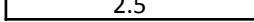
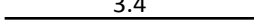
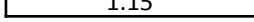
MURO X12

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
0.15 2.55	2#325.5/27	2	#3	2.7	
3.1	2#431	2	#4	3.1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	4#534	4	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	
3.8	2#638	2	#6	3.8	
0.3 1.6	2#616/19	2	#6	1.9	

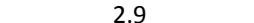

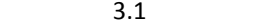
MURO X13

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	4#431	4	#4	3.1	
0.2 	2#48/10	2	#4	1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X14

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	3#431	3	#4	3.1	
0.2 	1#48/10	1	#4	1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X15

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	3#431	3	#4	3.1	

0.2 0.8	1#48/10	1	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X16

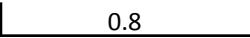
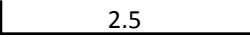
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
3.1	4#431	4	#4	3.1	
0.2 0.8	2#48/10	2	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X17

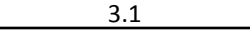
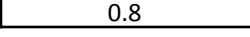
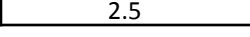
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
0.15 2.55	2#325.5/27	2	#3	2.7	
3.1	8#431	8	#4	3.1	
0.2 0.8	4#48/10	4	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X18

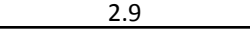
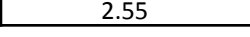
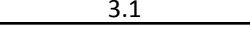
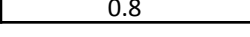
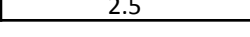
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
0.15 2.55	2#325.5/27	2	#3	2.7	
3.1	8#431	8	#4	3.1	

0.2		4#48/10	4	#4	1
0.2		2#425/27	2	#4	2.7

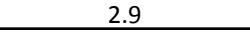
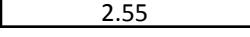
MURO X19

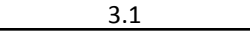
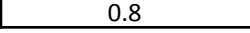
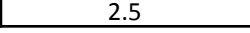
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	4#431	4	#4	3.1	
0.2		2#48/10	2	#4	1
0.2		2#425/27	2	#4	2.7

MURO X20

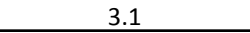
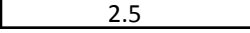
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15		1#325.5/27	1	#3	2.7
		5#431	5	#4	3.1
0.2		3#48/10	3	#4	1
0.2		2#425/27	2	#4	2.7

MURO X21

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15		1#325.5/27	1	#3	2.7

		5#431	5	#4	3.1	
0.2		3#48/10	3	#4	1	
0.2		2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X22

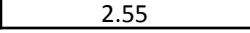
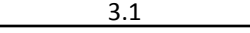
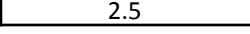
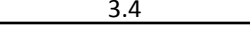
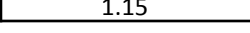
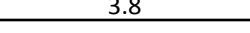
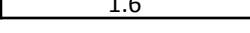
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	4#431	4	#4	3.1	
0.2 	2#48/10	2	#4	1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X23

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
0.15 	2#325.5/27	2	#3	2.7	
	4#431	4	#4	3.1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	
	2#638	2	#6	3.8	
0.3 	2#616/19	2	#6	1.9	

MURO X24

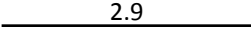
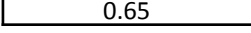
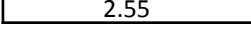
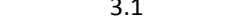
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
----------	--------------	----------	----------	--------------	-------------

0.15		2#325.5/27	2	#3	2.7	
		2#431	2	#4	3.1	
0.2		2#425/27	2	#4	2.7	
		4#534	4	#5	3.4	
0.25		2#511.5/14	2	#5	1.4	
		2#638	2	#6	3.8	
0.3		2#616/19	2	#6	1.9	

MURO X25

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	2#431	2	#4	3.1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X26

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	2#329	2	#3	2.9	
0.15 	1#36.5/8	1	#3	0.8	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	4#431	4	#4	3.1	

0.2	0.8	2#48/10	2	#4	1	
0.2	2.5	2#425/27	2	#4	2.7	

MURO X27

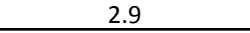
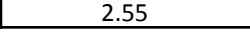
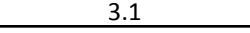
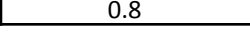
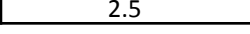
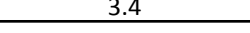
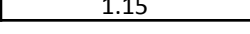
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
2.9	2#329	2	#3	2.9	
0.15	0.65	1#36.5/8	1	#3	0.8
0.15	2.55	1#325.5/27	1	#3	2.7
3.1	4#431	4	#4	3.1	
0.2	0.8	2#48/10	2	#4	1
0.2	2.5	2#425/27	2	#4	2.7

MURO X28

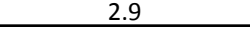
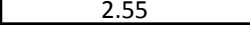
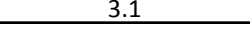
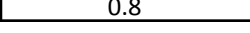
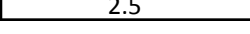
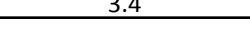
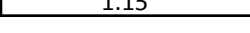
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
3.1	2#431	2	#4	3.1	
0.2	2.5	2#425/27	2	#4	2.7
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25	1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4

MURO X29

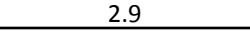
Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones

		1#329	1	#3	2.9	
0.15		1#325.5/27	1	#3	2.7	
		3#431	3	#4	3.1	
0.2		1#48/10	1	#4	1	
0.2		2#425/27	2	#4	2.7	
		2#534	2	#5	3.4	
0.25		2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X30

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	3#431	3	#4	3.1	
0.2 	1#48/10	1	#4	1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X31

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	

0.15 2.55	1#325.5/27	1	#3	2.7	
3.1	3#431	3	#4	3.1	
0.2 0.8	1#48/10	1	#4	1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

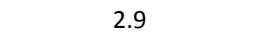
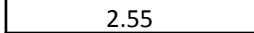
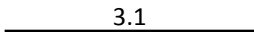
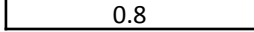
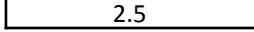
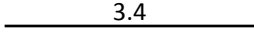
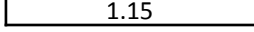
MURO X32

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
3.1	2#431	2	#4	3.1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X33

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
3.1	2#431	2	#4	3.1	
0.2 2.5	2#425/27	2	#4	2.7	
3.4	2#534	2	#5	3.4	
0.25 1.15	2#511.5/14	2	#5	1.4	

MURO X34

Diagrama	Nomenclatura	Cantidad	Diametro	Longitud [m]	Anotaciones
	1#329	1	#3	2.9	
0.15 	1#325.5/27	1	#3	2.7	
	3#431	3	#4	3.1	
0.2 	1#48/10	1	#4	1	
0.2 	2#425/27	2	#4	2.7	
	2#534	2	#5	3.4	
0.25 	2#511.5/14	2	#5	1.4	